

발 간 등 록 번 호

11-1790387-000446-01

2020년 한국심폐소생술 가이드라인

2020 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation
and Emergency Cardiovascular Care



질병관리청



대한심폐소생협회

2020년 한국심폐소생술 가이드라인

2020 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation
and Emergency Cardiovascular Care

2020. 12.

질병관리청 · 대한심폐소생협회

[신구비교표]

구분	2015년	2020년
총론	-	심장정지 생존 환경에 대한 개념 제안 (심장정지의 예방, 심폐소생술 교육, 심장정지 치료 체계 유지, 질 관리 및 평가)
	생존사슬: 심장정지의 예방과 조기 발견-신속한 신고-신속한 심폐소생술-신속한 제세동-효과적 전문소생술과 심장정지 후 치료	병원밖 심장정지 생존사슬: 심장정지 인지/구조요청-심폐소생술-제세동-전문소생술-소생후 치료 병원내 심장정지 생존사슬: 조기 인지/소생팀 호출-고품질 심폐소생술-제세동-전문소생술-소생후 치료
	-	현장 치료는 기본소생술팀은 6분, 전문소생술팀은 10분까지 시행한 후 환자를 병원으로 이송하도록 권고
기본 소생술	가슴압박을 위해 환자를 바닥으로 옮기도록 권고	환자를 침대에서 바닥으로 옮기지 않도록 권고
	이물에 의한 기도 폐쇄의 첫 치료조작으로서 복부 밀어내기를 권고	이물에 의한 기도폐쇄의 첫 치료조작으로서 등 두드리기를 한 후 기도폐쇄가 계속되면 복부 밀어내기를 권고
	-	코로나19 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 가이드라인 제시
전문 소생술	-	의료종사자는 심폐소생술 중 백마스크 또는 전문기도기 삽관 중 하나를 선택하도록 권고

		의료종사자의 경험에 따라 전문 기도기를 선택(성문상 기도기 또는 기관내삽관)하도록 권고
	불응성 심실세동 치료를 위한 항부정맥제로서 아미오다론을 우선 권고	불응성 심실세동 치료를 위한 항부정맥제로서 아미오다론과 리도카인을 동등하게 권고
	-	심폐소생술이 성공적이지 못한 환자에게 선택적으로 체외순환심폐소생술을 권고
		코로나19 감염 또는 감염 의심환자에 대한 전문소생술 가이드라인 제시
소생후 치료	심인성 심장정지가 의심되는 경우 응급 관상동맥조영술을 시행하도록 권고	심전도상 ST 분절 상승이 관찰되는 경우 응급관상동맥조영술을 시행하도록 권고
	충격필요리듬에 의한 심장정지로부터 회복된 환자에게 목표체온유지치료를 권고	심전도 리듬과 관계없이 심장정지로부터 회복된 모든 환자에게 목표체온유지치료를 권고
	-	심장정지 후 예방적 항생제를 사용하지 않도록 권고
	자발순환회복 후 72시간 후 신경학적 예후를 예측하도록 권고	자발순환회복 후 5일 이후에 신경학적 예후를 예측하도록 권고
	심장정지 후 혼수 환자의 예후 예측에 대한 일반적 사항을 권고	심장정지 후 혼수 환자의 예후 예측에 대한 검사항목, 예후 판단에 대한 사항을 상세히 권고하고 다각적 접근 방법을 제시
	-	심장정지로부터 회복 후 신체적, 심리적 장애에 대한 평가와 체계적인 재활 계획을 수립하도록 권고
		심장정지 치료센터의 조건(24시간 관상동맥조영술, 목표체온유지치료가 가능하며 신경학적 예후 예측을 위한 검사가 가능한 의료기관)을 제시

소아/ 영아 소생술	심실세동에 대한 첫 제세동 에너지로서 2~4 J/kg 권고	심실세동에 대한 첫 제세동 에너지로서 2 J/kg 권고
	-	신생아에서 제대정맥주사가 불가능한 경우, 골내주사를 대체방법으로 권고
교육/ 실행	-	응급의료종사자의 심폐소생술 경험을 관리하고 소생팀 구성 때 소생술 경험 자를 포함하도록 권고
		병원에서 신속대응팀을 운영하도록 권고
		의료기관과 지역사회는 심장정지 치료 수행도를 관리하도록 권고
		감염병 유행 상황을 고려하여 비대면 심폐소생술 교육프로그램을 개발할 것을 권고
		소생술을 종료할 수 있는 임상 상황에 대한 권고안 제시

[연 혁]

- 2006년. 보건복지부 중앙응급의료센터와 대한심폐소생협회의 공동 사업인 「공용 심폐소생술 가이드라인 개발 및 배포 사업」 (연구책임자 원주의대 황성오)으로 우리나라 최초의 심폐소생술 가이드라인이 개발됨
- 2011년. 보건복지부 중앙응급의료센터와 대한심폐소생협회가 공동으로 2006년 공용 심폐소생술 가이드라인을 개정하여 2011년 공용 심폐소생술 가이드라인(연구책임자 원주의대 황성오)을 발표함
- 2015년. 보건복지부 질병관리본부 「심폐소생술 표준 가이드라인 개발사업」 (연구책임자 원주의대 황성오)으로 질병관리본부·대한심폐소생협회가 2015 한국형 심폐소생술 가이드라인을 발표함
- 2020년. 2019년 보건복지부 질병관리본부의 「2020년 한국형 심폐소생술 가이드라인 개정을 위한 기초 연구」와 「심장정지 생존율 향상을 위한 기반 구축 사업」 (연구책임자 원주의대 황성오)으로 2015 한국형 심폐소생술 가이드라인을 개정하여 질병관리청·대한심폐소생협회가 2020년 한국심폐소생술 가이드라인을 개발함

[2020년 한국심폐소생술 가이드라인 개정 위원]

가이드라인 개발 총괄운영위원회

황성오(총괄위원장, 대한심폐소생협회 이사장, 원주의대), 정성필(기본소생술 위원장, 연세의대), 조규중(기본소생술 공동위원장, 대한심폐소생협회 기본소생술 위원장, 한림의대), 차경철(전문소생술 위원장, 원주의대), 김현(전문소생술 공동위원장, 대한심폐소생협회 전문소생술 위원장, 원주의대), 김영민(소생후 치료 위원장, 가톨릭의대), 박준동(소아소생술 위원장, 대한심폐소생협회 소아소생술 위원장, 서울의대), 김한석(신생아소생술 위원장, 서울의대), 김애란(신생아소생술 공동위원장, 대한심폐소생협회 신생아소생술 위원장, 울산의대), 이미진(교육 및 실행 위원장, 대한심폐소생협회 교육위원장, 경북의대), 나상훈(근거검토/이해충돌관리위원장, 서울의대), 정우진(연구원, 원주의대), 노영일(연구원, 원주의대), 김태운(연구원, 원주의대), 김명하(연구원, 원주의대), 김소영(연구원, 원주의대)

분야별 전문위원회

기본소생술 전문위원회: 정성필(위원장, 연세의대), 조규중(공동위원장, 한림의대), 김기운(순천향의대), 김성숙(서울아산병원), 송근정(성균관의대), 이대인(충북의대), 이은호(울산의대), 정윤서(대한적십자사)

전문소생술 전문위원회: 차경철(위원장, 원주의대), 김현(공동위원장, 원주의대), 김동혁(이화의대), 박승민(서울의대), 오재훈(한양의대), 위진(가천의대), 윤병길(건양대), 윤준성(가톨릭의대), 이병헌(강남세브란스병원), 이종환(성균관의대)

소생후 치료 전문위원회: 김영민(위원장, 가톨릭의대), 김민주(세브란스병원), 김민철(전남의대), 김원석(서울의대), 유연호(충남의대), 이재명(고려의대), 하은진(서울의대), 황경진(경희의대)

소아소생술 전문위원회: 박준동(위원장, 서울의대), 강은경(동국의대), 김도균(서울의대), 김진태(서울의대), 나재윤(한양의대), 박보배(서울대병원), 이지숙(아주의대), 장원경(울산의대), 최유현(서울의대)

신생아소생술 전문위원회: 김한석(위원장, 서울의대), 김애란(공동위원장, 울산의대), 김수영(중앙의대), 박찬욱(서울의대), 박혜원(건국의대), 오아영(서울의대), 장은경(세브란스병원), 조금준(고려의대), 최용성(경희의대), 허주선(고려의대)

교육 및 실행 전문위원회: 이미진(위원장, 경북의대), 권오영(경희의대), 나상훈(서울의대), 문준동(공주대), 박신율(영남의대), 윤희제(서울대병원), 최정현(경희의대)

근거검토/이해충돌관리 위원회: 나상훈(위원장, 서울의대), 김명하(원주의대)

저술위원회

황성오(위원장, 원주의대), 김애란(울산의대), 김영민(가톨릭의대), 김한석(서울의대), 김현(원주의대), 박준동(서울의대), 이미진(경북의대), 정성필(연세의대), 조규종(한림의대), 차경철(원주의대)

분야별 저자

제1장 2020년 한국심폐소생술 가이드라인 개정 과정과 개정 가이드라인의 주요 내용

황성오(원주의대), 차경철(원주의대), 정우진(원주의대), 노영일(원주의대), 김태운(원주의대), 김소영(원주의대), 김명하(원주의대), 정성필(연세의대), 김영민(가톨릭의대), 박준동(서울의대), 김한석(서울

의대), 이미진(경북의대), 조규중(한림의대), 김애란(울산의대)

제2장 심장정지 생존을 위한 환경과 생존사슬

황성오(원주의대), 차경철(원주의대), 정우진(원주의대), 노영일(원주의대), 김태윤(원주의대), 김소영(원주의대), 김명하(원주의대), 정성필(연세의대), 김영민(가톨릭의대), 박준동(서울의대), 김한석(서울의대), 이미진(경북의대), 조규중(한림의대), 김애란(울산의대)

제3장 기본소생술

정성필(연세의대), 조규중(한림의대), 송경준(서울의대), 김기운(순천향의대), 김정윤(고려의대), 오재훈(한양의대), 오제혁(중앙의대), 유승(충남의대), 유승목(울산의대), 이은호(울산의대), 홍주영(연세의대), 황성오(원주의대)

제4장 전문소생술

차경철(원주의대), 김동혁(이화의대), 박승민(서울의대), 박정수(충남의대), 이동건(서울의대), 이병국(전남의대), 이종환(성균관의대), 정우진(원주의대), 황성오(원주의대)

제5장 소생후 치료

김영민(가톨릭의대), 정경운(전남의대), 김원영(울산의대), 박유석(연세의대), 오주석(가톨릭의대), 유연호(충남의대), 이동훈(중앙의대), 최민정(아주의대), 정유진(전남의대), 김민철(전남의대), 하은진(서울의대), 황경진(경희의대), 김원석(서울의대), 이재명(고려의대), 황성오(원주의대)

제6장 소아 기본소생술

박준동(서울의대), 강은경(동국의대), 김도균(서울의대), 김진태(서울의대), 나재윤(한양의대), 박보배(서울대병원), 염석란(부산의대), 오주석(가톨릭의대), 이지숙(아주의대), 장원경(울산의대), 정수인(아

주의대), 정진희(서울의대), 최유현(서울의대), 최재연(가천의대), 황성오(원주의대)

제7장 소아 전문소생술

박준동(서울의대), 강은경(동국의대), 김도균(서울의대), 김진태(서울의대), 나재윤(한양의대), 박보배(서울대병원), 염석관(부산의대), 오주석(가톨릭의대), 이지숙(아주의대), 장원경(울산의대), 정수인(아주의대), 정진희(서울의대), 최유현(서울의대), 최재연(가천의대), 황성오(원주의대)

제8장 신생아소생술

허주선(고려의대), 김수영(중앙의대), 박혜원(건국의대), 최용성(경희의대), 박찬욱(서울의대), 조금준(고려의대), 오아영(서울의대), 장은경(세브란스병원), 김한석(서울의대), 김애란(울산의대), 황성오(원주의대)

제9장 교육 및 실행

이미진(경북의대), 신태용(아산충무병원), 이창희(남서울대), 문준동(국립공주대), 노상균(선문대), 김찬웅(중앙의대), 박효은(서울의대), 우선희(가톨릭의대), 이승준(국립중앙의료원), 신승열(인하의대), 오영택(서울의대), 임용수(가천의대), 최재영(경북의대), 황성오(원주의대)

근거검토 전문위원

기본소생술 분야: 김기운(순천향의대), 김정윤(고려의대), 송근정(성균관의대), 오재훈(한양의대), 오제혁(중앙의대), 유승(충남의대), 유승목(울산의대), 정성필(연세의대), 조규종(한림의대), 최민정(아주의대), 홍주영(연세의대)

전문소생술 분야: 김동혁(이화의대), 김용원(동국의대), 김정윤(고려의대), 김효준(가톨릭의대), 민정

진(성균관의대), 박승민(서울의대), 박정수(충남의대), 신현구(한양의대), 안치원(중앙의대), 오영택(서울의대), 오재훈(한양의대), 위진(가천의대), 윤병길(건양대), 윤영훈(고려의대), 윤준성(가톨릭의대), 이동건(서울의대), 이병국(전남의대), 이병헌(강남세브란스병원), 이종환(성균관의대), 이준철(국군수도병원), 정우진(원주의대), 차경철(원주의대)

소생후 치료 분야: 김민철(전남의대), 김영민(가톨릭의대), 김원석(서울의대), 김원영(울산의대), 박유석(연세의대), 오주석(가톨릭의대), 유연호(충남의대), 이동훈(중앙의대), 이재명(고려의대), 정경운(전남의대), 정유진(전남의대), 최민정(아주의대), 하은진(서울의대), 황경진(경희의대)

소아소생술 분야: 강은경(동국의대), 김도균(서울의대), 김진태(서울의대), 나재윤(한양의대), 박보배(서울대병원), 박준동(서울의대), 염석관(부산의대), 오주석(가톨릭의대), 이지숙(아주의대), 장원경(울산의대), 정수인(아주의대), 정진희(서울의대), 최유현(서울의대), 최재연(가천의대)

신생아소생술 분야: 김수영(중앙의대), 김애란(울산의대), 김한석(서울의대), 박찬욱(서울의대), 박혜원(건국의대), 오아영(서울의대), 장은경(세브란스병원), 조금준(고려의대), 최용성(경희의대), 허주선(고려의대)

교육 및 실행 분야: 김찬웅(중앙의대), 나상훈(서울의대), 노상균(전문대), 문준동(국립공주대), 박상오(건국의대), 박신율(영남의대), 박효은(서울의대), 신승열(인하의대), 신태용(아산충무병원), 오영택(서울의대), 우선희(가톨릭의대), 윤희제(서울대병원), 이미진(경북의대), 이승준(국립중앙의료원), 이창희(남서울대), 임용수(가천의대), 최재영(경북의대), 최정현(경희의대)

사무 행정 지원

박은주(대한심폐소생협회 관리운영팀장)

[목 차]

제1장 2020년 한국심폐소생술 가이드라인 개정 개요

I. 2020년 한국심폐소생술 가이드라인 개정 과정	2
1. 심폐소생술 가이드라인 개정의 배경	2
2. 심폐소생술 가이드라인 개정의 필요성	3
3. 심폐소생술 가이드라인 개정 범위	6
4. 심폐소생술 가이드라인 개정 과정	8
5. 근거검토 방법 및 과정	12
6. 권고 등급의 제안	14
II. 2020년 한국심폐소생술 가이드라인의 주요 개정 내용 요약	16
1. 심장정지 생존 환경 구축의 필요성과 새로운 생존사슬 개념	17
2. 구급상황(상당)요원의 강화된 역할	17
3. 심폐소생술의 기본 술기 유지 및 기본소생술 중 일부 변경	18
4. 현장 심폐소생술 시간	19
5. 전문소생술 중 전문기도유지술, 약물, 제세동 에너지 관련 권고의 변경	19
6. 소생후 치료에서 목표체온유지치료, 응급관상동맥조영술, 예후 예측 및 재활 치료 ...	20
7. 응급의료종사자의 심폐소생술 경험 및 치료 수행도 관리	21
8. 병원밖 심장정지의 신속 조치를 위한 정보통신기술의 활용	22
9. 새로운 심폐소생술 교육 방법에 대한 제안	22
10. 코로나19 감염 또는 감염 의심 환자에 대한 심폐소생술 지침	22

제2장 심장정지 생존을 위한 환경과 생존사슬

I. 심장정지 생존환경	29
1. 심장정지 예방을 위한 정책	30
2. 심폐소생술 교육	31
3. 심장정지 치료 체계	31
4. 평가와 질 관리	34
II. 생존사슬	35
1. 심장정지 인지(병원밖 심장정지)·조기 인지(병원내 심장정지)와 구조 요청	38
2. 심폐소생술	39
3. 체세동	39
4. 전문소생술	40
5. 소생후 치료	41

제3장 기본소생술

I. 2020년 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 기본소생술 순서	47
1. 근거 수준 및 권고 등급	47
2. 2020년 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항	48
3. 기본소생술 순서	52
II. 기본소생술	57
1. 현장 안전과 환자의 반응 확인	57

2. 응급의료체계 신고	58
3. 호흡과 맥박 확인	64
4. 가슴압박	65
5. 기도유지 및 인공호흡	74
6. 현장 소생술 시간과 회복 자세	82
7. 자동제세동기	84
8. 이물에 의한 기도폐쇄	93
9. 익수	95
10. 심폐소생술에서의 소아와 성인의 구분	97
11. 심폐소생술의 법적인 측면	98
12. 심폐소생술과 관련된 윤리	99
13. 코로나19 유행과 관련된 고려 사항	105

제4장 전문소생술

I. 2020년 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 전문소생술 순서	134
1. 근거 수준 및 권고 등급	134
2. 2020년 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항	135
3. 전문소생술 순서	140
II. 전문소생술	149
1. 성인 심장정지 치료와 전문소생술 개정 배경	149
2. 심폐소생술 중 모니터링	150

3. 심장정지 시 약물 투여 경로	154
4. 심장정지 치료에 사용되는 약물	156
5. 제세동	160
6. 전문기도유지술	166
7. 기계 심폐소생술 장치	174
8. 체외순환심폐소생술	176
9. 전문소생술 중 고려 사항	178
10. 특수 상황의 심장정지	180
11. 병원내 심장정지	201

제5장 소생후 치료

I. 2020년 소생후 치료 가이드라인 주요 변경 사항과 소생후 치료 순서 234

1. 근거 수준 및 권고 등급	234
2. 2020년 소생후 치료 가이드라인 주요 변경 사항	235
3. 소생후 치료 과정	242
4. 신경학적 예후 예측 과정	243

II. 소생후 치료 244

1. 심장정지 후(소생후) 증후군	244
2. 소생후 통합치료의 목표	245
3. 소생후 통합치료 전략	246
4. 기도 확보 및 호흡 유지	246

5. 순환 유지	248
6. 심장정지 원인 조사 및 치료	249
7. 신경학적 회복을 위한 치료	252
8. 소생후 연명 치료 중단	261
9. 신경학적 예후 예측	261
10. 심장정지 후 장기 기증	268
11. 심장정지 회복 후 재활 및 돌봄	269
12. 심장정지 치료센터	272

제6장 소아 기본소생술

I. 2020년 소아 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 소아 기본소생술 순서	306
1. 근거 수준 및 권고 등급	306
2. 2020년 소아 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항	307
3. 소아 기본소생술 순서	309

제7장 소아 전문소생술

I. 2020년 소아 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 소아 전문소생술 순서	350
1. 근거 수준 및 권고 등급	350
2. 2020년 소아 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항	351
3. 생존사슬	354
4. 소아 전문소생술 순서	355

II. 소아 전문소생술	365
1. 전문기도유지술	365
2. 약물의 투여	373
3. 체세동기	382
4. 심장정지 이외의 부정맥	384
5. 체외막산소공급 장치를 이용한 심폐소생술	390
6. 특수 상황에서의 소생술	391
7. 소생술 중 환자 감시 및 예후 예측 인자	395
8. 소생후 통합치료	398
9. 소생술 후 예후 예측 인자	409
10. 소생술 시 가족의 참관	410
11. 설명되지 않는 갑작스러운 사망	411
12. 병원 간 이송	412
13. 소아에 대한 소생시도의 종료	413

제8장 신생아 소생술

I. 2020년 신생아 소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 신생아 소생술 순서	434
1. 근거 수준 및 권고 등급	434
2. 2020년 신생아 소생술 가이드라인 주요 변경 사항	436
3. 신생아 소생술 순서 요약	438

제9장 교육 및 실행

I. 2020년 교육 및 실행 가이드라인 주요 변경 사항	483
1. 근거 수준 및 권고 등급	483
2. 2020년 심폐소생술 교육 및 실행 가이드라인의 주요 변경 사항	484
II. 교육 및 실행	489
1. 심폐소생술 가이드라인 교육 및 실행 분야의 중재 역할	489
2. 2020년 심폐소생술 교육 및 실행 전략의 핵심 피라미드	490
3. 생존율 향상을 위한 교육 핵심 전략	491
4. 심폐소생술 교육 목표와 원칙	496
5. 효과적인 심폐소생술 교육법 고안과 평가	508
6. 심폐소생술 교육 후 재교육	519
7. 소생술 술기 능력 향상을 위한 방법	522
8. 교육과정 필수 권장 사항과 교육 질 관리	524
9. 지역사회 내 심장정지 시스템의 변화	530
10. 심폐소생술 중단 기준의 적용	538

[표 차례]

표 1. 2020년 심폐소생술 가이드라인의 분야와 관련 주제	7
표 2. 근거 수준 분류	15
표 3. 권고 등급 분류	15
표 4. 일반인 구조자를 위한 소아 기본소생술 참고표	315
표 5. 의료제공자를 위한 소아 기본소생술 참고표	328
표 6. 소아 심장정지 환자의 전문소생술 참고표	361
표 7. 소아 전문소생술에 사용하는 약물	381
표 8. 소아 서맥 치료 과정의 참고표	386
표 9. 소아 빈맥 치료 참고표	388
표 10. 심박출량 유지를 위하여 사용되는 약물	404
표 11. 조기 경고 점수 산정 시스템	536
표 12. 기본소생술 중단기준 및 전문소생술 중단기준 비교	539
표 13. 소생 중단 기준 적용 시 고려해야 할 국내 법적 근거	541

[그림 차례]

그림 1. 2020년 심폐소생술 가이드라인 개정 과정	12
그림 2. 병원밖 심장정지 생존사슬	35
그림 3. 병원내 심장정지 생존사슬	36
그림 4. 병원밖 심장정지 생존 환경과 생존사슬	37
그림 5. 병원내 심장정지 생존 환경과 생존사슬	38
그림 6. 2020년 성인 병원밖 심장정지 기본소생술 순서(일반인 구조자용)	53
그림 7. 2020년 성인 병원밖 심장정지 기본소생술 순서(의료종사자용)	54
그림 8. 2020년 성인 병원내 심장정지 기본소생술 순서	56
그림 9. 반응의 확인	58
그림 10. 119 신고	59
그림 11. 스피커폰 또는 핸드프리 기능의 활성화	61
그림 12. 구급상황(상담)요원 지시에 의한 심폐소생술	63
그림 13. 가슴압박과 인공호흡의 비율	66
그림 14. 가슴압박	68
그림 15. 가슴압박 자세	69
그림 16. 머리기울임-턱들어올리기 방법	75
그림 17. 턱밀어올리기 방법	76
그림 18. 회복 자세	84
그림 19. 자동제세동기 정보 검색 서비스	88
그림 20. 자동제세동기 사용 순서	91

그림 21. 등 두드리기	94
그림 22. 복부 밀어내기	94
그림 23. 코로나 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 순서(일반인 구조자용)	107
그림 24. 감염이 의심되는 환자의 얼굴 가리기	108
그림 25. 코로나 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 순서(의료종사자용)	110
그림 26. 병원내 심장정지에 대한 전문소생술 순서	141
그림 27. 병원밖 심장정지 환자에 대한 전문소생술	145
그림 28. 코로나19 유행 시 전문소생술	147
그림 29. 체세동을 위한 패들 또는 패드의 위치	164
그림 30. i-gel®과 삽관된 해부도	170
그림 31. 후두 튜브와 삽관된 해부도	171
그림 32. 소생후 치료 과정 흐름도	242
그림 33. 신경학적 예후 예측 과정 흐름도	243
그림 34. 소아 병원밖 심장정지 생존사슬	309
그림 35. 일반인 구조자에 의한 소아 기본소생술 순서	313
그림 36. 코로나19 유행 시 일반인 구조자에 의한 소아 기본소생술 순서	314
그림 37. 영아의 가슴압박(두 손가락 가슴압박법)	319
그림 38. 영아의 가슴압박을 위한 손 모양	319
그림 39. 양손 감싼 두 엄지 가슴압박법	320
그림 40. 소아의 가슴압박	321
그림 41. 병원밖 의료제공자에 의한 소아 기본소생술 순서	325
그림 42. 병원내 의료제공자에 의한 소아 기본소생술 순서	326

그림 43. 코로나19 유행 시 병원밖 의료제공자에 의한 소아 기본소생술 순서	327
그림 44. 소아 병원내 심장정지 생존사슬	355
그림 45. 소아 심장정지 전문소생술 순서(병원 전문소생술 팀용)	358
그림 46. 소아 심장정지 전문소생술 순서(현장 전문소생술 팀용)	359
그림 47. 코로나19 유행 시 소아 심장정지 전문소생술 순서(병원 전문소생술 팀용)	360
그림 48. 소아 서맥의 치료 순서	385
그림 49. 소아 빈맥의 치료 순서	387
그림 50. 소생 후 쇼크 치료 순서	403
그림 51. 신생아 소생술 순서	438
그림 52. 심장정지 생존을 향상을 위한 교육 및 실행 전략의 핵심 피라미드	491
그림 53. 국내 자동심장충격기 교육 분율 및 연관 법규 변화	506
그림 54. 일반인 자동제세동기 사용률 향상을 위한 삼각 전략	507
그림 55. 교육 평가를 위한 Miller의 피라미드 모형	509
그림 56. 심장정지 발생 장소, 지역과 노출 경험을 고려한 국내 심폐소생술 교육프로그램 시스템	514
그림 57. 집중 학습과 분산 학습의 비교	520
그림 58. 촉진 세션 혹은 단시간 다빈도 교육 효과 모형	521

제 1장

2020년 한국심폐소생술 가이드라인 개정 개요

황성오¹, 차경철¹, 정우진¹, 노영일¹, 김태윤¹, 김소영¹, 김명하¹, 정성필², 김영민³, 박준동⁴, 김한석⁴, 이미진⁵, 나상훈⁶, 조규중⁷, 김애란⁸, 2020년 한국심폐소생술 가이드라인 총괄위원회

연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹, 연세대학교 의과대학 응급의학교실², 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실³, 서울대학교 의과대학 소아과학교실⁴, 경북대학교 의과대학 응급의학교실⁵, 서울대학교 의과대학 내과학교실⁶, 한림대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실⁸



1. 심폐소생술 가이드라인 개정의 배경

심폐소생술 가이드라인은 새롭게 축적된 과학적 근거를 바탕으로 주기적으로 개정되고 있다. 1966년에 미국심장협회(American Heart Association: AHA)와 미국과학아카데미(American Academy of Science)가 첫 심폐소생술 가이드라인을 제정한 이후 미국과 유럽을 중심으로 소생의학 분야의 연구결과를 바탕으로 한 심폐소생술 가이드라인이 제정 또는 개정됐다.¹⁻⁴ 미국심장협회와 유럽소생위원회(European Resuscitation Council: ERC)가 주축이 되어 창설한 국제소생술 교류위원회(International Liaison Committee on Resuscitation: ILCOR)가 활동을 시작한 1993년부터 국제소생술 교류위원회가 심폐소생술 가이드라인의 개정을 주관하기 시작했다. 국제소생술 교류위원회는 2000년부터 2015년까지 5년 주기로 심폐소생술 분야의 연구결과를 과학적 근거검토 방법(evidence review process)으로 심폐소생술 주요 분야에 대한 가이드라인을 심폐소생술과 응급 심혈관 치료 권고에 대한 국제 합의(International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations) 형태로 발표했다.⁵⁻⁷ 2015년 이후에는 지속적 근거검토 방법(continuous evidence evaluation)을 도입하여 주요 연구결과를 반영한 가이드라인을 매년 발표하고 있다.⁸⁻¹⁰ 국제소생술 교류위원회 가이드라인은 각 국가가 해당 국가에 적합한 심폐소생술 가이드라인을 제정 또는 개정하는 과정에서 과학적 근거로 활용된다. 각 국가 또는 지역사회는 국제소생술 교류위원회의 치료 권고를 참고하되, 해당 국가 또는 지역사회의 심장정지 역학, 응급의료체계, 의료환경, 법 및 규범, 사회 문화적 배경을 고려하여 해당 국가에 적합한 심폐소생술 가이드라인을 제정 또는 개정한다.

우리나라는 대한심폐소생협회가 주축이 되어 2006년에 첫 심폐소생술 가이드라인인 “공용 심폐소생

술 가이드라인”(공용 심폐소생술 가이드라인의 개발 및 배포, 보건복지부 중앙응급의료센터, 대한심폐소생협회, 2006)을 발표한 바 있다. 그 이후로 두 차례 심폐소생술 가이드라인을 개정하여 “2011년 공용 심폐소생술 가이드라인”(공용 심폐소생술 가이드라인의 개발 및 배포, 보건복지부 중앙응급의료센터, 대한심폐소생협회, 2011), “2015 한국형 심폐소생술 가이드라인”(한국심폐소생술 가이드라인, 질병관리본부·대한심폐소생협회, 2015)을 발표한 바 있다.¹¹ 이 장에는 현재 활용되고 있는 “2015 한국형 심폐소생술 가이드라인”을 “2020년 한국심폐소생술 가이드라인”으로 개정된 과정과 개정된 주요 내용이 서술되어 있다.

2. 심폐소생술 가이드라인 개정의 필요성

1) 새로운 연구결과의 심폐소생술 가이드라인 적용

최근 심폐소생술을 포함하여 심장정지를 치료하기 위한 의학 분야인 소생 의학(resuscitation medicine)에 대한 관심이 높아지면서 이 분야에서의 연구 활동이 증가하고 있다. 소생 의학에는 심장정지 역학에서부터 치료, 예방, 심장정지 후 재활에 이르기까지 광범위한 학문 분야가 포함된다. 심장정지 현장에 적용되는 소생 의학의 임상 분야에는 기본소생술(basic life support: BLS), 전문소생술(advance life support: ALS), 소생후 치료(post-cardiac arrest care: PCC), 소아 기본소생술(pediatric basic life support: PBLS), 소아 전문소생술(pediatric advanced life support: PALS), 신생아소생술(neonatal resuscitation: NR)이 포함되어 있으며, 심폐소생술의 확산과 실행을 위한 교육/실행/훈련(education/implementation/training: EIT) 분야가 있다.¹¹⁻¹³ 2015년 심폐소생술 가이드라인이 발표된 이후, 심장정지 환자의 치료에 영향을 줄 수 있는 중요한 임상 연구가 소생 의학의 각 분야에서 발표되었다. 기본소생술 분야에서는 가슴압박 방법과 목격자 심폐소생술의 효과와 관련된 대규모 임상연구결과가 발표되었다. 병원밖 심장정지(out-of-hospital cardiac arrest) 환자를 대상으로 심폐소생술 중 인공

호흡을 위해 가슴압박을 중단한 환자군(가슴압박과 인공호흡의 비율을 30:2로 시행한 군)과 가슴압박을 중단하지 않은 환자군(인공호흡을 위한 가슴압박 중단을 하지 않은 군)을 비교한 대규모 무작위 임상시험에서 두 환자군 사이에 생존율과 신경학적 회복률이 차이가 없었다.¹⁴ 덴마크의 병원밖 심장정지 국가 자료를 분석한 관찰 연구에서 목격자(bystander) 심폐소생술을 받은 경우가 심폐소생술을 받지 않은 경우에 비하여 사망과 신경학적 손상의 후유증이 발생할 가능성이 적다고 알려졌다.¹⁵ 전문소생술 분야에서는 심폐소생술 중 투여하는 약물과 전문기도유지술에 관한 연구가 발표되었다. 병원밖 심장정지 환자에 대한 에피네프린(epinephrine)의 효과를 평가한 대규모 무작위 연구는 에피네프린 투여가 위약 투여보다 생존율을 높이지만 신경학적 예후를 호전시키는 데에는 영향이 없다고 보고했다.¹⁶ 전문소생술 중 항부정맥제인 아미오다론(amiodarone), 리도카인(lidocaine)을 위약과 비교한 연구에서는 아미오다론과 리도카인을 투여받은 환자군에서 위약을 투여받은 환자군에 비하여 생존입원율이 높다고 보고되었다.¹⁷ 전문기도유지술로서 성문상 기도기(supraglottic airways)와 기관내삽관(endotracheal intubation)을 비교한 연구에서는 병원밖 심장정지의 치료 과정에서 두 방법 사이에 생존율 차이가 없었다.¹⁸ 소생후 치료 분야의 연구에서는 목표체온유지치료(target temperature management)와 응급관상동맥조영술(emergency coronary angiography)에 대한 새로운 증거가 대두되었다. 2015년 가이드라인에서는 심장정지 동안 심전도에서 충격필요리듬(shockable rhythm)이 관찰된 환자가 순환회복된 후 반응이 없으면 목표체온유지치료를 하도록 권고했다. 새로운 연구에서는 충격불필요리듬(non-shockable rhythm)에 의한 심장정지로부터 소생된 후 반응이 없는 경우에도 목표체온유지치료가 신경학적 회복률을 높이는 것으로 알려졌다.¹⁹ 심장정지로부터 소생된 후 기록한 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 경우에 응급 관상동맥조영술을 해야 할 것인지에 대한 논란이 있었다. 최근 무작위 대조군 연구를 통하여 심장정지로부터 회복된 후 심전도에서 ST 분절 상승이 관찰되지 않는 경우에는 응급 관상동맥조영술이 생존율을 높이지 않는 것으로 알려졌다.²⁰ 소아소생술 분야에서는 소아 소생후 치료와 관련한 주요 연구가 발표되었다. 소아 심장정지로부터 소생된 환자의 저체온(33.0°C) 유지 치료와 정상 체온(36.8°C) 유지 치료를

비교한 결과, 두 방법 사이에 신경학적 회복률의 차이가 없음이 알려졌다.²¹ 심장정지 환자의 치료에 중요한 영향을 줄 수 있는 대규모 무작위 임상연구가 발표되면서 현재의 심폐소생술 가이드라인을 업데이트할 필요성이 대두되었다.

2) 심폐소생술 가이드라인 개정을 통한 심장정지 생존율 제고

병원밖 심장정지 발생빈도는 인구 100,000명당 24~186명으로 조사되었으며, 인종, 국가, 지역에 따라 차이가 있다.²² 우리나라의 심장정지 발생률은 2008년 21,905명(인구 10만명 당 44.3명)에서 2018년 30,539명(인구 10만명 당 59.5명)으로 점차 증가하고 있는 추세이다.²³ 고령화사회로 진입하고 있는 우리나라의 인구구조를 고려하면, 심장정지 발생률은 더 증가할 가능성이 있다. 심장정지 환자의 생존율은 각 국가 또는 지역사회의 인구 사회적 특성, 응급의료체계의 효율성, 심폐소생술 및 자동제세동기 보급률 등에 따라 큰 차이가 있다. 현대적인 심폐소생술이 도입된 이후 60년이 지났지만, 심장정지 환자의 생존율은 아직 낮다. 우리나라의 심장정지 환자의 생존퇴원율은 국가 조사가 시작된 2008년 3.0%(뇌기능 회복률: 0.9%)에서 2018년 8.6%(뇌기능 회복률: 5.1%)로 증가하고 있다.²³ 일찍부터 심장정지 조사연구를 시작하고 심폐소생술 교육과 자동제세동기 보급을 했던 미국, 유럽, 일본의 병원밖 심장정지 환자의 생존율은 10% 이상이다.²⁴⁻²⁶

중요한 공중보건문제가 되는 병원밖 심장정지는 주로 가정에서 발생하며, 길거리, 공공장소, 운동시설 등 의료기관 이외의 장소(병원 밖)에서도 발생한다. 병원밖 심장정지의 발생 특성상 의료인이 아닌 목격자가 심장정지가 발생한 사람을 구조하는 과정에서 중요한 역할을 한다. 병원밖 심장정지가 발생한 사람의 생존 여부는 목격자에 의한 심장정지 인지 및 신속한 심폐소생술, 신속한 응급의료체계의 대응, 자동제세동기의 보급과 현장 사용을 포함한 병원밖 구조 활동의 효율성에 큰 영향을 받는다.²⁷ 특히 심장정지를 목격한 사람이 심장정지 상황에서의 행동요령과 심폐소생술 및 자동제세동기 사용법을 배우고 실제 현장에서 실행하는 것은 심장정지 치료 과정에서 매우 중요하다. 따라서 각 국가 또는 지역사회에

서는 국민에게 기본소생술을 교육함으로써, 심장정지가 발생한 사람에 대한 국민의 대처능력을 높이기 위해 다양한 제도 및 정책을 운영한다.

심폐소생술 가이드라인은 심장정지 치료에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 일련의 의학적 권고이다. 의학적 권고는 통상 특정 질환의 치료를 위하여 의료인에게 제공되는 진료지침이지만, 심폐소생술 가이드라인은 일반적인 진료지침과는 다른 특성이 있다. 심폐소생술 가이드라인은 의료인에게 제공되는 진료지침일 뿐 아니라 비의료인 심장정지 목격자가 심장정지를 구조하는 과정이 포함되어 있다. 이에, 각 국가는 심폐소생술 및 심장정지 치료에 대한 최신의 과학적 근거와 해당 국가의 응급의료체계를 포함한 의료환경, 윤리, 문화적 환경, 수용성을 고려하여 심폐소생술 가이드라인을 제정 또는 개정한다. 따라서 심폐소생술 가이드라인의 개정은 단순히 심폐소생술에 대한 과학적 지식을 업데이트하는 것을 넘어서 심장정지를 치료하기 위한 사회-의료 환경의 변화를 끌어냄으로써 심장정지 생존율을 높이기 위한 것이다.

3. 심폐소생술 가이드라인 개정 범위

국제소생술 교류위원회에서는 심폐소생술의 분야를 기본소생술, 전문소생술, 소아소생술, 신생아소생술, 교육/실행, 응급처치(first aid) 분야로 구분하고 있다. 미국심장협회의 심폐소생술 및 응급심장치료 가이드라인에는 심장정지 치료 체계, 성인 기본소생술과 전문소생술(특수 상황에서의 심폐소생술과 소생후 치료 포함), 소아 기본소생술과 소아 전문소생술, 신생아소생술, 교육, 응급처치가 포함되어 있다.

²⁸ 유럽소생위원회의 심폐소생술 가이드라인은 성인기본소생술, 성인전문소생술, 특수 상황에서의 심폐소생술, 소생후 치료, 소아소생술, 신생아소생술, 응급처치, 교육, 윤리, 심장정지 치료 체계로 구성되어 있다.¹³ 2015년 우리나라 심폐소생술 가이드라인은 기본소생술, 전문소생술, 소생후 치료, 소아소생술, 신생아소생술, 교육/실행 분야로 구성되어 있다.¹¹

2020년 심폐소생술 가이드라인의 개정 범위는 2019년 질병관리본부 연구용역사업으로 수행된 “2020년 한국형 심폐소생술 가이드라인 개발을 위한 기초연구”에서 제안된 대로 기본소생술, 전문소생술, 소생후 치료, 소아소생술, 소아 전문소생술, 신생아소생술, 교육 및 실행 분야로 구성하였다. 2015년 가이드라인과 달리 “심장정지 생존을 위한 환경과 생존사슬”이 새로운 분야로 기술되었다. 외국의 심폐소생술 가이드라인에 포함되어 있는 급성관상동맥증후군에 대한 가이드라인은 심장질환 전문학술단체로부터 해당 질환에 대한 임상진료지침이 발표되고 있으므로 우리나라 심폐소생술 가이드라인에는 포함시키지 않았다. 심폐소생술 가이드라인의 각 분야에서 다루고 있는 주제는 표 1에 요약되어 있다.

표 1. 2020년 심폐소생술 가이드라인의 분야와 관련 주제

분야	주제
심장정지 생존 환경과 생존사슬	심장정지 생존 환경(심장정지 예방 정책, 심폐소생술 교육, 심장정지 치료체계, 평가와 질 관리), 병원밖 생존사슬, 병원내 생존사슬
기본소생술	병원밖, 병원내 심장정지에 대한 기본소생술 순서, 현장 안전과 반응 확인, 응급의료체계 신고 방법, 호흡과 맥박 확인, 가슴압박, 기도유지 및 인공호흡, 현장 소생술 시간, 자동제세동기, 이물에 의한 기도 폐쇄, 익수에 의한 심장정지, 심폐소생술에서의 소아와 성인의 구분, 심폐소생술의 법적, 윤리적 측면, 코로나19 유행과 관련된 지침
전문소생술	심장정지 치료 순서(충격필요리듬과 충격불필요리듬), 약물 투여경로, 심폐소생술 중 투여하는 주요 약물, 전문기도유지술, 제세동, 기계심폐소생술장치, 체외순환심폐소생술, 심폐소생술 중 모니터링, 특수상황에서의 심장정지 치료, 코로나19 유행과 관련된 지침
소생후 치료	심장정지 후 증후군, 소생후 통합 치료, 신경학적 회복을 위한 치료, 목표체온유지치료, 소생후 치료 과정, 소생후 연명치료 중단, 신경학적 예후 예측, 심장정지 환자의 장기 기증, 심장정지 치료센터, 심장정지 생존자에 대한 평가 및 재활

소아 기본소생술	소아 심장정지에서의 생존사슬, 소아 심장정지 환자의 심폐소생술 순서, 인공 순환, 인공호흡, 가슴압박, 이물에 의한 기도폐쇄의 치료 과정
소아 전문소생술	소아 전문소생술 순서(충격필요리듬, 충격불필요리듬), 전문기도유지술, 흡입 도구, 체외순환심폐소생술, 소생술 중의 환자 감시, 주사로의 확보와 유지, 수액과 약물 투여, 소아 전문소생술에 사용되는 약물, 제세동, 심장정지 후 부정맥의 치료, 특별한 처치가 필요한 환자의 소생술, 목표체온유지치료를 포함한 소생후 통합 치료, 병원 간 이송, 소생술 시 가족의 참관, 소아에서 대한 소생 시도의 종료, 설명되지 않는 갑작스러운 사망
신생아 소생술	출생 전후의 생리적 반응, 첫 단계, 양압환기, 가슴압박, 약물요법, 소생술 후 관리, 소생술 보류 및 소생술 중단, 소생술 교육 프로그램
교육/실행	심폐소생술 교육에서의 핵심 권장 사항, 심폐소생술 수행 의지를 높이기 위한 교육 원칙, 새로운 심폐소생술 교육 방법, 신속대응팀, 구급상황(상당)요원의 역할, 효과적인 심폐소생술 교육 및 평가 방법, 재교육 기간, 소생술 술기 능력 향상을 위한 방법, 교육과정 필수 권장 사항, 심폐소생술 교육의 질 관리, 지역사회 심장정지 치료 체계 변화에 따른 교육 방안, 소생술 중단 기준

4. 심폐소생술 가이드라인 개정 과정

1) 심폐소생술 가이드라인 개정을 위한 기초연구

가이드라인 개정을 위한 사전 연구는 2019년 질병관리본부 연구용역사업으로 진행된 “2020년 한국형 심폐소생술 가이드라인 개발을 위한 기초연구”로 수행되었다. 이 사업을 통하여 가이드라인 개정을 위한 분야를 분류하고 개정을 위한 조직(총괄위원회 및 분야별 전문위원회)을 구성했으며, 개정 작업에 참여할 전문가(근거검토위원, 집필위원)를 선정하였다. 가이드라인 개정 조직으로는 연구책임자와 분야별 전문위원회 위원장이 참여하는 총괄위원회와 전문위원회(기본소생술, 전문소생술, 소생후 치료, 소아

소생술, 신생아소생술, 교육/실행 위원회)가 구성되었다. 전문위원회 위원장은 심폐소생술 관련 학술 경력을 고려하여 연구책임자가 위촉했으며, 대한심폐소생협회의 해당 분과위원장을 공동위원장으로 위촉했다. 분야별 전문위원회의 위원은 해당 분야와 연관이 있는 학술단체에서 추천받은 전문가로 구성했다. 기본소생술 위원회는 대한응급의학회, 대한심장학회, 대한마취통증의학회, 대한간호협회, 한국응급구조학회, 대한적십자사에서 추천받은 전문가로 구성되었다. 전문소생술 위원회는 대한응급의학회, 대한심장학회, 대한마취통증의학회, 대한간호협회, 한국응급구조학회에서 추천받은 전문가로 구성되었다. 소생후 치료 위원회는 대한응급의학회, 대한신경과학회, 대한신경외과학회, 대한심장학회, 대한재활학회, 대한중환자의학회의 전문가로 구성되었다. 소아소생술 위원회는 대한소아청소년과학회, 대한소아응급의학회, 대한마취통증의학회, 대한중환자의학회의 전문가로 구성되었다. 신생아소생술 위원회는 대한소아청소년과학회, 대한주산의학회, 대한마취통증의학회, 대한간호협회의 전문가로 구성되었다. 교육/실행 위원회는 대한응급의학회, 대한심장학회, 대한마취통증의학회, 대한간호협회, 한국응급구조학회, 한국의학교육학회의 전문가로 구성되었다. 근거검토위원은 심폐소생술 관련 학술 연구 활동을 중심으로 선정하였다. 심폐소생술 학술 연구 활동은 문헌검색엔진인 PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)와 KoreaMed (<https://koreamed.org/>)에서 심폐소생술 관련 검색단어를 사용하여 국내에서 수행된 연구를 검색한 후 연구자별 논문 실적을 정리하였다. 심폐소생술 관련 연구 실적을 검색한 결과, 학술 활동이 검색된 연구자 중 가이드라인 개정 참여 의사가 있는 연구자와 각 관련 학술단체에서 추천받은 연구자를 근거검토위원으로 구성했다. 분야별 전문위원회와 총괄위원회에서는 2015 한국형 심폐소생술 가이드라인, 미국심장협회 심폐소생술 가이드라인, 유럽소생위원회 심폐소생술 가이드라인, 국제소생술 교류위원회의 가이드라인을 고찰하였으며, 심폐소생술 가이드라인 검토 세미나를 2회 개최하여 분야별 개정 범위를 선정하였다. 가이드라인 개정 작업에 참여하는 근거검토위원에게 가이드라인 개정에 사용되는 체계적 문헌 검토 방법론을 교육하기 위하여 가이드라인 개정 방법론 워크숍을 2회 개최하여 문헌 검색, 체계적 문헌고찰, 근거 수준의 평가에 대해 교육을 하였다. 심폐소생술 용어위원회를 구성하여 심폐

소생술 가이드라인에 사용될 수 있는 심폐소생술 관련 용어를 수집, 재정리하여 심폐소생술 용어집을 개정하였다.

2) 2020년 심폐소생술 가이드라인 개정 과정

2020년 심폐소생술 가이드라인 개정은 질병관리본부 연구용역사업 “심장정지 생존율 향상을 위한 기반구축사업”의 하나로 진행되었다. 2019년 수행된 “2020년 한국심폐소생술 가이드라인 개발을 위한 기초연구”사업 과정에서 구성된 가이드라인 개정 총괄위원회와 분야별 전문위원회, 근거검토위원, 가이드라인 집필위원을 포함한 101명의 연구진이 가이드라인 개정에 참여하였다. 가이드라인 개정 연구진은 심폐소생술 관련 학술단체 또는 전문위원장의 추천으로 구성되었다. 연구에 참여한 모든 사람은 심폐소생술과 관련된 고용, 자문, 소유지분, 연구비, 사례금 등에 대한 이해관계 선언문을 작성하여 제출하였다. 각 전문위원회는 2015년 국제 가이드라인 개정 이후 국제소생술 교류위원회에서 발표한 가이드라인 국제 합의의 내용과 2015년 이후 심폐소생술 분야에서 발표한 연구논문을 고찰하였다. 연구논문 검토 후, 임상적 중요도가 높고 우리나라 심폐소생술 가이드라인과 관련이 있거나 새로운 과학적 근거의 반영이 필요한 개정 항목을 선정했으며, 개정 항목에 대한 체계적 문헌 검토를 하기 위하여 개정 항목에 대한 PICO (population, intervention, comparator, outcome) 질문을 작성하였다. 추출된 PICO 문항별로 책임 근거검토위원(lead evidence reviewer)을 포함한 2명의 근거검토위원이 배정되었다. 근거검토를 마친 후 검토 위원은 PICO 문항별로 국제소생술 교류위원회의 근거 요약 및 권고 사항, 권고의 수정 필요 여부 및 수정 사유, 국내 권고 사항, 참고문헌의 형식으로 작성된 근거 요약 및 권고(한국심폐소생술 임상 진료지침, Korean Consensus on Science and Treatment Recommendation: K-CoSTR) 초안을 전문위원회에 제출하였다. 전문위원회는 개발 항목에 대한 전문위원 회의를 개최하여 각 개정 문항의 일차 검토 결과를 논의하였다. 분야별 전문위원회에서 검토 과정을 거친 근거검토 결과(근거 요약 및 권고)는 총괄위원회로 제출하였다. 제출된 근거검토 결과는 온라인 합의도출 회의(web-based consensus

conference)를 위하여 대한심폐소생협회 홈페이지(<http://www.kacpr.org/>)에 개설된 합의도출 회의 사이트에 게재하였다. 온라인 합의도출 회의는 코로나19 유행으로 인하여 전문위원과 근거검토위원이 직접 참여하는 대면 합의도출 회의(off-line consensus conference)를 개최할 수 없어 대체방법으로 도입되었다. 온라인 합의도출 회의는 각 전문위원회의 근거검토 결과를 대한심폐소생협회 웹사이트에 모두 게재한 후, 가이드라인 개발 연구원, 총괄위원, 전문위원, 근거검토위원이 각 근거검토 결과에 대한 의견을 댓글 형식으로 남기는 방법으로 15일간에 걸쳐 진행하였다. 전문가가 참여하는 온라인 합의도출 회의가 종료된 후 논의된 결과를 반영하여 근거검토위원은 근거검토 결과를 수정하였다. 온라인 합의도출 회의를 거쳐 수정된 근거검토 결과는 공청회를 위하여 다시 대한심폐소생협회 홈페이지에 게재하였다. 코로나19 유행으로 대면 공청회가 불가능해짐에 따라 웹사이트를 활용한 공청회(웹 공청회)를 진행하였다. 웹 공청회는 근거검토 결과를 누구나 열람한 후 댓글 형식으로 의견(public comment)을 남길 수 있도록 하는 방식으로 15일간 진행되었다. 각 전문위원회에서는 공청회 의견을 수렴하여 근거검토 결과를 최종 수정했다. 최종 수정된 근거검토 결과를 바탕으로 각 전문위원회의 집필위원은 2020년 한국심폐소생술 가이드라인을 집필하였다(그림 1).

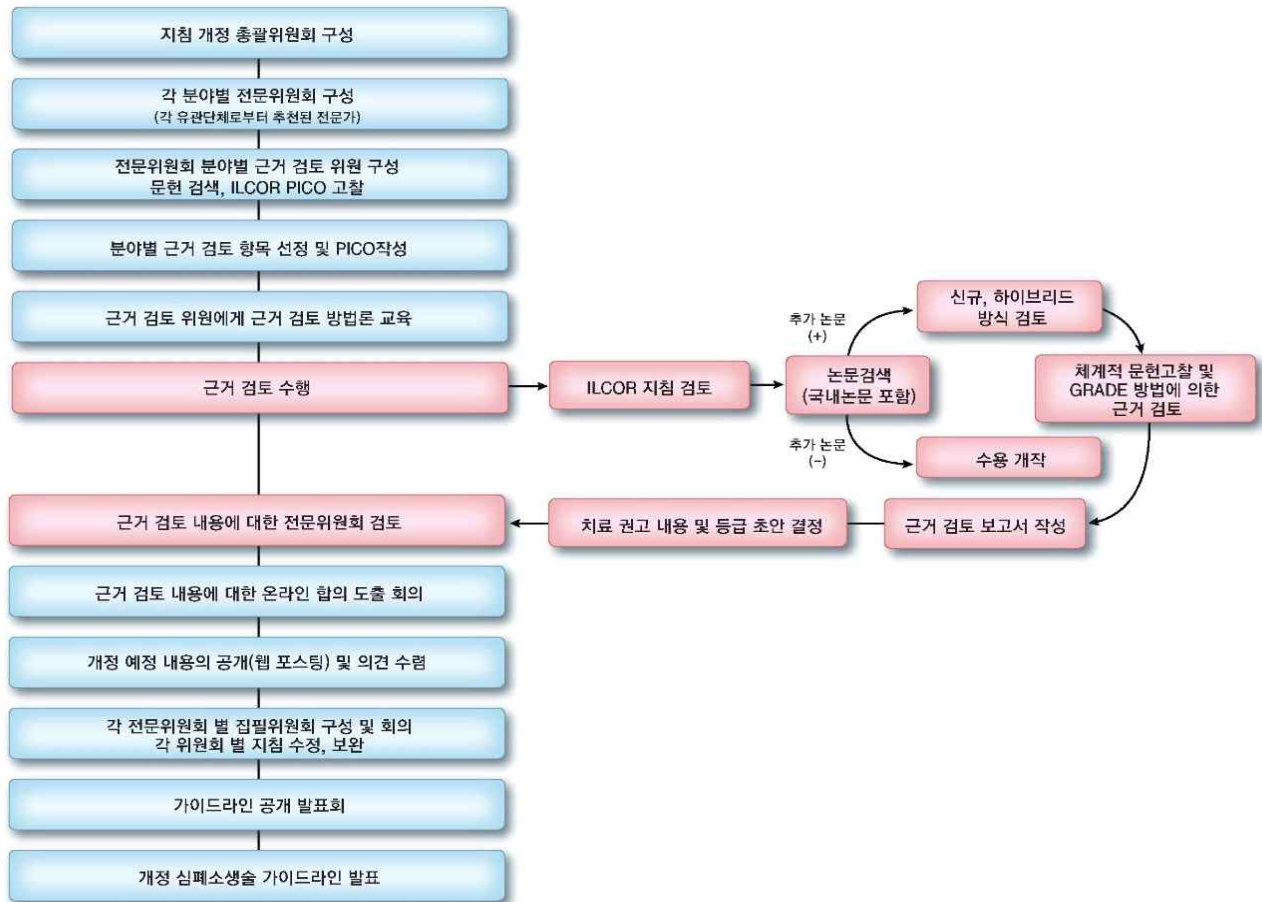


그림 1. 2020년 심폐소생술 가이드라인 개정 과정

5. 근거검토 방법 및 과정

개정 항목은 세 가지 문헌 검토 방식으로 검토하였다. 국제소생술 교류위원회에서 검토한 PICO 항목 중 문헌 검색 결과, 검토 결과가 발표된 이후 새로운 과학적 근거가 출판되지 않은 경우는 수용 개작 (adaptation) 형식으로 검토하였다. 국제소생술 교류위원회에서 검토된 개발 항목 중 문헌 검색 결과, 우리나라에 관련 논문이 있거나 추가로 관련 논문이 확인된 항목은 하이브리드(hybrid) 형식으로 검토 하였다. 국제소생술 교류위원회에서 검토하지 않은 새로운 항목에 대한 근거검토는 신규 검토(de novo) 형식으로 시행하였다. 각 전문위원회에서 선정한 개정 항목과 PICO는 총괄위원회 논의를 거쳐 확정되었다. 최종 선정된 PICO는 113개였으며, 각각 기본소생술 28개, 전문소생술 19개, 소생후 치료 15개, 소

아소생술 24개, 신생아소생술 10개, 교육/실행 17개가 선정되었다. 근거검토 방식으로는 수용 개작 92개, 신규 또는 하이브리드 검토가 21개였다.

근거검토를 위한 사전 과정으로서 근거검토위원과 참여 연구원에게 근거검토 방법을 교육했다. 근거검토 방법론 전문가를 초청하여 3회의 교육세미나를 개최하였다. 교육세미나에서는 근거검토위원에게 문헌 검색, 추출 및 선정 방법, 문헌 비뮤티팅 및 질 평가 방법, 체계적 문헌고찰 방법 및 Revman 사용법, GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation) 방법론 및 GRADEpro 사용법, 수용 개작 방법론, 임상진료지침 개발 방법을 포함한 가이드라인 개정 방법론을 교육하였다. 근거검토위원을 위한 방법론 교육세미나는 코로나19 사태로 인하여 온라인 형태로 진행하였다.

각 PICO 검토를 위한 문헌은 체계적 문헌고찰과 메타분석 검색 경험이 있는 사서와 근거검토위원이 주요어를 포함한 검색식을 생성하여 검색했다. 문헌 검색 엔진으로는 PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), EMBASE (<https://www.embase.com>). The Cochrane Central Register of Controlled Trials (<https://www.cochranelibrary.com>), Education Resources Information Center (<https://eric.ed.gov/>)를 활용하였으며, 국내 논문은 KoreaMed (<https://koreamed.org/>)를 활용하였다. 논문 검색 기간은 신규 검토 PICO인 경우에는 1990년 이후부터 2020년 7월 말까지의 기간을 검색했으며, 수용 개작 또는 하이브리드 PICO인 경우에는 해당 PICO에 대한 국제소생술 교류위원회의 합의 권고가 발표된 이후부터 2020년 7월 말까지의 기간을 검색했다. 각 PICO에 배정된 2명의 근거검토위원이 Covidence (www.covidence.org) 등 논문 선택 도구를 사용하여 검색된 문헌 중 검토에 포함할 문헌을 선택하였다. 임상연구만을 검토 대상에 포함하였으며, 동물실험연구, 시뮬레이션 연구(교육/실행 분야에서는 시뮬레이션 연구가 일부 포함됨)를 포함한 비임상연구, 회색 문헌, 초록, 종설 논문은 검토 대상에서 제외하였다. PICO 검토에 포함된 문헌으로 메타분석(meta-analysis)이 가능한 경우에는 Cochrane group에서 제공하는 분석 프로그램(Revman ver. 5.4)을 사용하여 메타분석을 했으며, 메타분

석이 가능하지 않으면 주제 범위 고찰(scoping review)을 했다. 결과(outcome)에 대한 평가는 PICO의 특성에 따라 설정하도록 하였으나, 주요 평가지표로서 병원 퇴원 이후의 생존 여부와 신경학적 회복 여부를 주요 평가지표(critical outcome)로 삼아 평가했다. 근거 수준의 평가에는 GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluation) 방법이 사용되었다.²⁹ 각 PICO의 근거검토 결과는 2명의 근거검토위원이 독립적인 체계적 문헌고찰 과정을 거친 후 합의 권고문(Korean Consensus on Science and Treatment Recommendation, K-CoSTR)으로 정리하여 제출하였다. 근거검토 결과를 작성할 때에는 근거 수준과 권고 수준을 함께 기술하도록 하였다.

6. 권고 등급의 제안

근거검토 결과를 작성하는 과정에서는 근거 수준(level of evidence)과 권고 등급(class of recommendation)을 표기하였다. 근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐 구분되었다(표 2).³⁰ 권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주(권고 등급 I, 권고 등급 IIa, 권고 등급 IIb, 권고 등급 III: no benefit, 권고 등급 III: harm)로 구분하였다(표 2).^{29,30} 권고 등급을 결정하는 과정에서 고려된 요소는 다음과 같다. 첫째, 근거 수준이 높을수록 강한 권고를 하였다. 둘째, 치료 또는 중재의 효과가 클수록 강하게 권고하였다. 셋째, 환자의 가치와 선호에 대한 신뢰도가 낮을수록 약하게 권고하였다. 넷째, 자원의 이용이 많을수록 약하게 권고하였다. 가이드라인 저술과정에서 권고 등급에 대한 일관적인 표현이 사용되도록 저술과정에서 사용할 권고 등급에 대한 저술 용어를 집필진에게 사전 제공하였다. 권고 등급 집필을 위해 제시된 저술용어에서 강한 권고(권고 등급 I)는 “~을(를) 권고(권장)한다”, “~해야 한다”, “~이 효과적(또는 유용)이다(하다)”로 표기하였으며, 약한 권고(권고 등급 II)는 “~을(를) 제안한다”, “~이 타당하다”, “~이 효과적일 수 있다”, “~을(를) 고려할 수 있다”, “~가 확실하지 않다”로 표기하였다. 제한하는 권고(권고 등급 III)는 “권

고(권장)하지 않는다”, “~효과적이지 않다”, “~을 하지 않는다”, “~해가 된다”, “~을 하지 않아야 한다” 등으로 표기하였다.

표 2. 근거 수준 분류

수준	정의
A	1개 이상의 무작위 대조군 연구로부터의 고품질 근거 고품질 무작위대조군의 메타분석 결과 고품질 등록 체계로부터 나온 1개 이상의 무작위 대조군 연구
B-R (randomized)	1개 이상의 무작위 대조군 연구로부터의 중등도 품질 근거 중등도 품질 무작위 대조군 연구의 메타분석 결과
B-NR (nonrandomized)	1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계로부터 연구된 중등도 품질 근거 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 연구의 메타분석 결과
C-LD (limited data)	무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구
C-EO (expert opinion)	임상 경험에 근거한 전문가의 일치된 의견

표 3. 권고 등급 분류

수준	정의
I	치료 또는 중재의 이익이 위험에 비해 매우 높은 경우 (대부분의 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분의 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)
IIa	치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분의 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)
IIb	치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만 근거가 명확하지 않은 경우
III: No benefit	치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우): 근거 수준이 A 또는 B인 경우에만 해당
III: Harm	치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 높은 경우(해가 되는 경우)

II.

2020년 한국심폐소생술 가이드라인 주요 개정 내용 요약

2020년 가이드라인 개정 과정에서 연구진은 근거검토 결과를 바탕으로 한 최신 주요 연구 내용을 가이드라인에 반영하였다. 아울러 2015년 심폐소생술 가이드라인은 의료인뿐 아니라 국민도 교육을 받아 지난 5년간 광범위하게 활용되어 온 점을 고려하여 2020년 가이드라인은 2015년 가이드라인과 최대한 일관성을 유지하도록 하였다. 심폐소생술이 시행되는 환경과 구조자의 특성에 따라 상황에 적합한 심폐소생술을 할 수 있도록 병원밖 심장정지와 병원내 심장정지에 대한 치료 과정을 구분하여 기술했다. 최신 과학적 근거를 가이드라인에 반영하는 과정에서 국내의 의료 환경과 수준, 적용 가능성, 관련 법과 제도를 고려하여 권고하였다. 코로나19의 유행에 따라 코로나19 감염 우려가 있는 심장정지 환자에 대한 치료 과정을 가이드라인에 포함하였다.

2020년 심폐소생술 가이드라인의 주요 개정 내용에는 1) 심장정지 생존 환경에 대한 제언 및 새로운 생존사슬 개념, 2) 목격자의 심장정지 인지 및 심폐소생술 시행 과정에서 구급상황(상담)요원의 역할 강화, 3) 심폐소생술의 기본 술기 유지 및 기본소생술 내용의 일부 변경(심폐소생술을 위한 환경, 기도 이물 제거를 위한 술기), 4) 현장 심폐소생술 시간에 대한 권고, 5) 전문소생술 중 전문기도유지술, 약물, 소아 제세동 에너지 관련 권고의 변경, 6) 소생후 치료에서 목표체온유지치료, 응급 관상동맥조영술, 예후 예측 및 재활 치료에 대한 새로운 권고, 7) 응급의료종사자의 심폐소생술 경험 및 치료 수행도 관리, 8) 병원밖 심장정지의 신속 조치를 위한 사회관계망 서비스의 활용, 9) 비대면 교육을 포함한 새로운 심폐소생술 교육 방법에 대한 제안, 10) 코로나19 감염 또는 감염 의심 환자 대상의 심폐소생술 가이드라인이 포함되었다.

1. 심장정지 생존 환경 구축의 필요성과 새로운 생존사슬 개념

심장정지 환자를 치료하는 과정에는 다양한 요소가 관계되므로, 심장정지 환자의 생존을 위한 환경을 구축하기 위한 체계적 접근이 필요하다.³¹ 심장정지 생존 환경 구축에는 환자의 직접 치료에 관계된 의료시스템(응급의료시스템 포함)뿐 아니라 정부 및 지방자치단체, 교육시스템, 의료종사자, 교사, 학생, 일반인이 모두 참여해야 한다. 또한, 심장정지 치료 체계와 더불어 심장정지의 예방, 심장정지 생존자에 대한 재활 및 사회 복귀를 위한 국가 및 지역사회 체계가 수립되어 실행되어야 한다. 국가 및 지역사회는 심폐소생술 교육 확산을 위한 정책을 시행하고 심장정지의 발생률부터 생존율에 이르는 자료를 수집, 분석하며, 심장정지 치료 체계의 효율성을 평가함으로써, 병원밖 심장정지 치료 및 관리 체계의 질을 향상시킬 수 있는 방법을 모색해야 한다. 2020년 심폐소생술 가이드라인에서는 새로운 생존사슬을 제시함과 더불어 심장정지 생존 환경 구축의 필요성을 제안했다. 즉, 생존사슬의 강화와 함께 심장정지를 예방하기 위한 대책, 심폐소생술 교육, 심장정지 치료를 위한 시스템, 심장정지 치료 및 생존과 관련된 질 향상 활동을 비롯하여 병원밖 심장정지 생존 환경이 구축되어야 심장정지로 인한 사망을 줄일 수 있다는 점을 강조하였다. 병원내 심장정지 생존 환경 구축을 위해 신속대응팀의 운영, 병원 직원에 대한 전문소생술 교육, 병원내 심장정지 치료 체계 구축, 심장정지 질 향상 활동을 하도록 제안했다. 이에 따라 2020년 생존사슬은 병원밖 심장정지와 병원내 심장정지 생존사슬로 구분했다. 병원밖 심장정지 생존사슬은 심장정지의 인지 및 구조 요청(응급의료체계 활성화)-목격자 심폐소생술-제세동-전문소생술-소생후 치료(재활 치료 포함)로 구성하였다. 병원내 생존사슬은 심장정지의 조기 인지 및 소생술 팀 활성화-고품질 심폐소생술-제세동-전문소생술-소생후 치료(재활 치료 포함)로 구성되었다.

2. 구급상황(상담)요원의 강화된 역할

심장정지를 목격한 사람이 구급상황(상담)요원의 도움을 받으면, 심장정지 인지율이 높아지고 전화

도움 심폐소생술을 하게 되어 심장정지 환자의 생존율이 향상된다.^{32,33} 심장정지 환자의 치료 과정에서 구급상황(상담)요원의 역할은 단순히 신고를 받고 구급대원을 현장으로 출동시키는 데에 국한되지 않는다. 구급상황(상담)요원은 목격자가 심장정지를 인지하고 구급대원이 현장에 도착할 때까지 목격자가 심폐소생술을 하도록 지도해야 한다. 2020년 가이드라인은 구급상황(상담)요원이 응급호출전화 통화로 심장정지 여부를 판단할 수 있는 표준 알고리즘을 사용하도록 권고하였다. 또한, 목격자가 전화 도움 심폐소생술을 할 수 있도록 응급의료체계는 목격자 심폐소생술 지원체계를 갖추어야 하며, 구급상황(상담)요원은 목격자가 가슴압박소생술을 포함한 활동을 하도록 지도할 수 있는 능력을 갖춰야 한다.

3. 심폐소생술의 기본 술기 유지 및 기본소생술 중 일부 변경

심폐소생술의 기본 술기(심폐소생술 순서, 가슴압박 방법, 인공호흡 방법, 가슴압박 대 인공호흡의 비율)에 대한 2020년 가이드라인은 2015년 가이드라인과 같다. 다만, 2020년 가이드라인에서는 심폐소생술 중 가슴압박 깊이를 향상하기 위해 환자를 침대 등의 장소에서 바닥으로 옮기지 않도록 권고했다. 구조자가 혼자이면서 휴대전화를 가지고 있는 경우, 구조자는 휴대전화의 스피커를 켜거나 핸드프리(handsfree) 기능을 활성화한 후 즉시 심폐소생술을 시작하고 필요하면 구급상황(상담)요원의 도움을 받도록 권고했다. 2015년 가이드라인은 이물에 의한 기도폐쇄가 발생한 환자에게 복부 밀어내기를 하도록 권고했다. 그러나 복부 밀어내기가 등 두드리기보다 이물 제거에 효과적이라는 증거가 부족하며, 반복적인 복부 밀어내기는 내장 손상을 일으킬 위험이 있어 2020년 가이드라인에서는 이물에 의한 기도폐쇄가 발생한 환자가 기침을 효과적으로 하지 못하면 등 두드리기를 우선 시행하고 등 두드리기가 효과적이지 않으면 복부 밀어내기를 하도록 권고했다.

4. 현장 심폐소생술 시간

현장 응급의료종사자(구급대원 포함)는 병원밖 심장정지 환자에게 현장 심폐소생술을 한 후 환자를 병원으로 이송하게 된다. 2015년 가이드라인에는 현장에서 심폐소생술을 하는 기간에 대한 권고가 없었다. 현장 심폐소생술 시간이 심장정지 환자의 생존에 미치는 영향에 관한 연구가 발표된 바 있으나 이에 대한 대규모 무작위 연구는 없었다.^{34,35} 현장 심폐소생술 시간은 소생술을 제공하는 응급의료팀의 수준(기본소생술 또는 전문소생술), 심장정지로부터 경과 시간, 병원까지의 이송 소요 시간 등 여러 요소를 고려하여 결정해야 한다. 2020년 가이드라인에서는 현장 심폐소생술에도 불구하고 순환이 회복되지 않으면 응급의료지도 의사의 직접 지도를 받아 환자의 병원 이송을 결정하고, 현장 응급의료팀이 기본소생술만 가능한 경우에는 6분, 전문소생술이 가능한 경우에는 10분(지도 의사의 직접 지도를 받은 경우에는 연장 가능)의 심폐소생술을 현장에서 시행한 후 병원 이송을 고려하도록 권고했다.

5. 전문소생술 중 전문기도유지술, 약물, 제세동 에너지 관련 권고의 변경

심폐소생술 중 기도유지술로서 백마스크를 사용한 경우와 전문기도기 삽관을 한 경우와는 생존율 차이가 없다고 알려졌다.¹⁸ 이에 따라 2020년 가이드라인에서는 응급의료종사자가 심폐소생술 중 전문기도유지술을 할 때는 백마스크 또는 전문기도기(기관 튜브 또는 성문상 기도기) 삽관 중 한 가지를 선택하도록 권고했다. 전문기도기 삽관을 결정한 경우, 기관내삽관에 대한 충분한 훈련과 경험이 없는 응급의료종사자는 성문상 기도기를 사용하고 기관내삽관에 대한 충분한 훈련과 경험을 갖춘 응급의료종사자만이 기관내삽관을 하도록 권고했다. 이전 가이드라인에서는 충격필요리듬에 의한 심장정지를 치료할 때, 3회의 전기충격에도 제세동되지 않는 경우(불응성 심실세동)에는 항부정맥제인 아미오다론을 우선 투여하도록 했으며, 리도카인은 아미오다론을 사용할 수 없을 때 투여하도록 권고했다. 최근 대규모 무작위 연구에서 불응성 심실세동 치료를 위한 항부정맥제로서 아미오다론과 리도카인을 위약과 비교하였

을 때, 아미오다론과 리도카인을 투여받은 환자 사이에 생존율 차이가 없다는 것이 알려졌다.¹⁷ 이 연구 결과를 토대로 2020년 가이드라인에서는 불응성 심실세동에 대한 항부정맥제로서 아미오다론과 리도카인을 동등하게 권고했다. 2020년 소아 전문소생술 가이드라인에서는 심장정지가 발생한 소아와 영아에게 충격필요리듬 치료를 위한 첫 제세동 에너지로서 2 J/kg를 권고하였다.

6. 소생후 치료에서 목표체온유지치료, 응급관상동맥조영술, 예후 예측 및 재활 치료

2020년 가이드라인에서는 비외상성 병원밖 심장정지 성인 환자를 심장정지 치료센터 수준의 병원으로 이송하도록 권고했다. 심장정지 치료센터는 24시간 관상동맥조영술과 목표체온유지치료를 포함한 포괄적 소생후 집중 치료가 가능하고 예후 예측을 위한 신경학적 평가를 위한 검사가 가능한 의료기관으로 정의하였다.

심장정지로부터 순환회복된 후 반응이 없는 환자에게 목표체온유지치료가 권고된다. 이전 가이드라인에서는 충격필요리듬에 의한 심장정지로부터 순환회복된 후 반응이 없는 환자에게 목표체온유지치료를 하도록 권고했으며, 충격불필요리듬에 의한 심장정지 환자에게는 목표체온유지치료가 낮은 수준으로 권고되었다. 최근의 연구결과에서는 충격불필요리듬에 의한 심장정지 환자에게 목표체온유지치료를 한 경우에 목표체온유지치료를 하지 않은 경우보다 신경학적으로 양호한 생존율이 높다는 것이 알려졌다.¹⁹ 이 결과를 근거로 2020년 가이드라인에서는 심장정지 시 관찰된 심전도 리듬과 관계없이 심장정지로부터 순환회복된 후 반응이 없는 모든 환자에게 목표체온유지치료를 하도록 권고했다.

2020년 가이드라인에서는 소생후 응급관상동맥촬영에 대한 권고가 변경되었다. 이전 가이드라인에서는 소생 직후 심전도에서 ST 분절 상승이 관찰되거나 심장성 심장정지가 의심되는 경우에는 응급관상동맥촬영을 하도록 권고했다. 최근 심장정지로부터 소생된 직후의 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 환

자를 대상으로 연구한 결과, 응급관상동맥촬영을 한 군과 응급관상동맥촬영을 하지 않은 군 사이에 생존율 차이가 없었다.²⁰ 2020년 가이드라인에서는 심장정지로부터 회복된 후 기록된 심전도에서 ST 분절 상승이 관찰되는 경우, 심인성 쇼크가 지속되는 경우, 심실빈맥 또는 심실세동이 반복적으로 재발하는 경우에 응급관상동맥촬영을 하도록 권고했다.

2015년 가이드라인에서는 심장정지 후 혼수인 환자에 대한 예후 예측 시점은 자발순환회복 후 72시간으로 권고했으나, 2020년 가이드라인에서는 환자의 체온이 정상으로 회복되고 난 72시간 이후(자발순환회복 후 5일)에 약물 효과를 배제한 상태에서 시행된 신경학적 검사(근간대경련 지속여부 포함), 생체표지자 검사, 몸감각유발전위검사, 뇌파검사, 영상검사(뇌전산화단층촬영, 뇌자기공명영상)의 결과에 근거하여 다각적으로 접근할 것을 권고하였다. 또한 2020년 가이드라인에서는 심장정지 생존자에 대하여 신체적, 심리적 장애에 대한 구조화된 선별 평가를 시행하고 재활 치료 계획을 포함한 포괄적, 다학제적 퇴원 계획을 수립할 것을 권고했다.

7. 응급의료종사자의 심폐소생술 경험 및 치료 수행도 관리

심장정지 환자를 자주 치료하는 응급실 등 일부 병원 내 의료종사자와는 달리, 심장정지 발생빈도가 낮은 환경에 종사하는 병원밖 응급의료종사자 또는 병원내 의료종사자는 심장정지 환자를 치료하는 빈도가 낮다. 병원밖 심장정지 상황에 노출 경험이 적거나 심폐소생술 경험이 적은 응급의료종사자가 심폐소생술을 하면 생존율에 영향을 주는 것으로 알려졌다.³⁶ 2020년 가이드라인에서는 응급의료종사자의 소생술 경력과 소생술 상황에의 노출 경험을 관리하도록 권고했으며, 가능하면 응급의료종사자의 소생술 노출 경험의 부족 문제를 해결하기 위해 전략을 수립하거나 소생술 팀을 구성할 때 최근 소생술 경험이 있는 경력자를 포함하여 운영하도록 권고했다.

8. 병원밖 심장정지의 신속 조치를 위한 정보통신기술의 활용

스마트폰을 활용하여 심장정지 발생 사실을 발생 현장 주변에 있는 구조자에게 알리는 것은 병원밖 심장정지 환자의 생존율을 높인다고 알려졌다. 2020년 가이드라인에서는 정보통신기술을 활용하여 병원밖 심장정지 환자의 근처에 있는 사람 중 사전 동의한 사람에게 스마트폰의 위치 정보와 문자메시지 기능, 사회관계망서비스(social network service)를 활용하여 도움 요청 알림을 보내는 방법을 사용하도록 권고했다.

9. 새로운 심폐소생술 교육 방법에 대한 제안

2020년 가이드라인에서는 신종감염병이나 국가재난 상황에서 대면 실습교육이 불가능한 경우에 심폐소생술 교육을 할 수 있는 비대면 교육 모듈을 개발하도록 권고하였고, 심장정지 상황을 교육할 수 있는 보조수단으로서 가상 현실 등을 포함한 교육 수단을 활용하도록 하였다. 또한, 한 번의 집중 학습으로 심폐소생술을 교육하는 전통적 교육 방법과 일정 기간에 걸쳐 심폐소생술을 수회 교육 또는 재교육을 하는 분산 학습 교육을 적용하도록 제안하였다.

10. 코로나19 감염 또는 감염 의심 환자에 대한 심폐소생술 지침

심폐소생술의 술기 중에는 환자의 호흡기에서 에어로졸을 발생시킬 수 있는 술기가 포함되어 있다. 심폐소생술 중 가슴압박은 환자에게 에어로졸을 발생시켜 공기로 전파되는 바이러스가 전파될 수 있다.³⁷ 또한, 입-입 인공호흡, 기관내삽관 또는 백마스크를 사용한 환기 중에도 바이러스의 공기 전파 가능성이 있다.³⁸ 코로나19가 유행하면서 감염되었거나 감염 우려가 있는 심장정지 환자를 의료종사자가 치

료하게 될 가능성이 커졌다. 2020년 가이드라인에서는 코로나19에 감염되었거나 감염 우려가 있는 환자에 대한 심폐소생술 가이드라인을 제시했다. 가이드라인에는 감염 예방을 위한 개인용 보호구의 착용 방안, 에어로졸 발생을 억제하거나 최소화하는 방안, 구조자가 가능한 바이러스에 노출되지 않도록 심폐소생술을 시행하는 방법, 에어로졸 발생 가능성이 낮은 술기의 우선 시행을 포함한 심장정지 치료 알고리즘을 제시하였다.

참고문헌

1. Cardiopulmonary resuscitation. JAMA 1966;198(4):372-9.
2. Proceedings of the 1985 National Conference on Standards and Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac Care. July 11-13, Dallas, Texas. Circulation 1986;74(6 Pt 2):IV1-153.
3. National Conference on Cardiopulmonary R, Emergency Cardiac C. Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). Part VIII: Medicolegal considerations and recommendations. JAMA 1986;255(21):2979-84.
4. Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees, American Heart Association. Part I. Introduction. JAMA 1992;268(16):2171-83.
5. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Part 3: adult basic life support. The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation. Circulation 2000;102(8 Suppl):I22-59.
6. International Liaison Committee on R. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 1: introduction. Resuscitation 2005;67(2-3):181-6.
7. Hazinski MF, Nolan JP, Billi JE, et al. Part 1: Executive summary: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. Circulation 2010;122(16 Suppl 2):S250-75.
8. Soar J, Maconochie I, Wyckoff MH, et al. 2019 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. Resuscitation 2019;145:95-150.
9. Soar J, Donnino MW, Maconochie I, et al. 2018 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations Summary. Resuscitation 2018;133:194-206.

10. Atkins DL, de Caen AR, Berger S, et al. 2017 American Heart Association Focused Update on Pediatric Basic Life Support and Cardiopulmonary Resuscitation Quality: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2018;137(1):e1–e6.
11. Hwang SO, Chung SP, Song KJ, et al. Part 1. The update process and highlights: 2015 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation. *Clin Exp Emerg Med* 2016;3(Suppl):S1–S9.
12. Hazinski MF, Nolan JP, Aickin R, et al. Part 1: Executive Summary: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2015;132(16 Suppl 1):S2–S39.
13. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2015;95:1–80.
14. Nichol G, Leroux B, Wang H, et al. Trial of Continuous or Interrupted Chest Compressions during CPR. *N Engl J Med* 2015;373(23):2203–14.
15. Kragholm K, Wissenberg M, Mortensen RN, et al. Bystander Efforts and 1-Year Outcomes in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2017;376(18):1737–47.
16. Perkins GD, Ji C, Deakin CD, et al. A Randomized Trial of Epinephrine in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2018;379(8):711–21.
17. Kudenchuk PJ, Brown SP, Daya M, et al. Amiodarone, Lidocaine, or Placebo in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2016;374(18):1711–22.
18. Bengner JR, Kirby K, Black S, et al. Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320(8):779–91.
19. Lascarrou JB, Merdji H, Le Gouge A, et al. Targeted Temperature Management for Cardiac Arrest with Nonshockable Rhythm. *N Engl J Med* 2019;381(24):2327–37.
20. Lemkes JS, Janssens GN, van der Hoeven NW, et al. Coronary Angiography after Cardiac Arrest without ST-Segment Elevation. *N Engl J Med* 2019;380(15):1397–407.

21. Moler FW, Silverstein FS, Holubkov R, et al. Therapeutic Hypothermia after In-Hospital Cardiac Arrest in Children. *N Engl J Med* 2017;376(4):318–29.
22. Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG, Koster RW. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 2010;81(11):1479–87.
23. Korea Disease Control and Prevention Agency. 2006–2018 Cardiac arrest survey. Osong, Korea: Korea Disease Control and Prevention Agency, 25 September 2020. (http://www.kdca.go.kr/board.es?mid=a20503050000&bid=0021&act=view&list_no=365592#quick.)
24. Chan PS, McNally B, Tang F, Kellermann A, Group CS. Recent trends in survival from out-of-hospital cardiac arrest in the United States. *Circulation* 2014;130(21):1876–82.
25. Stromsoe A, Svensson L, Axelsson AB, et al. Improved outcome in Sweden after out-of-hospital cardiac arrest and possible association with improvements in every link in the chain of survival. *Eur Heart J* 2015;36(14):863–71.
26. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Nationwide improvements in survival from out-of-hospital cardiac arrest in Japan. *Circulation* 2012;126(24):2834–43.
27. Song KJ, Kim JB, Kim J, et al. Part 2. Adult basic life support: 2015 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation. *Clin Exp Emerg Med* 2016;3(Suppl):S10–s6.
28. Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, et al. Part 1: Executive Summary: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 2):S337–s57.
29. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>.)
30. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
31. Kronick SL, Kurz MC, Lin S, et al. Part 4: Systems of Care and Continuous Quality

Improvement: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S397–413.

32. Ro YS, Shin SD, Lee YJ, et al. Effect of Dispatcher–Assisted Cardiopulmonary Resuscitation Program and Location of Out–of–Hospital Cardiac Arrest on Survival and Neurologic Outcome. *Ann Emerg Med* 2017;69(1):52–61.e1.

33. Besnier E, Damm C, Jardel B, Veber B, Compere V, Dureuil B. Dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation protocol improves diagnosis and resuscitation recommendations for out–of–hospital cardiac arrest. *Emerg Med Australas* 2015;27(6):590–6.

34. Grunau B, Kime N, Leroux B, et al. Association of Intra–arrest Transport vs Continued On–Scene Resuscitation With Survival to Hospital Discharge Among Patients With Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *JAMA* 2020;324(11):1058–67.

35. Kim TH, Lee EJ, Shin SD, et al. Neurological Favorable Outcomes Associated with EMS Compliance and On–Scene Resuscitation Time Protocol. *Prehosp Emerg Care* 2018;22(2):214–21.

36. Dyson K, Bray JE, Smith K, Bernard S, Straney L, Finn J. Paramedic Exposure to Out–of–Hospital Cardiac Arrest Resuscitation Is Associated With Patient Survival. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2016;9(2):154–60.

37. Nam HS, Yeon MY, Park JW, Hong JY, Son JW. Healthcare worker infected with Middle East Respiratory Syndrome during cardiopulmonary resuscitation in Korea, 2015. *Epidemiol Health* 2017;39:e2017052.

38. Raboud J, Shigayeva A, McGeer A, et al. Risk factors for SARS transmission from patients requiring intubation: a multicentre investigation in Toronto, Canada. *PLoS One* 2010;5(5):e10717.

제 2장

심장정지 생존을 위한 환경과 생존사슬

황성오¹, 차경철¹, 정우진¹, 노영일¹, 김태훈¹, 김소영¹, 김명하¹, 정성필², 김영민³, 박준동⁴, 김한석⁴, 이미진⁵, 나상훈⁶, 조규종⁷, 김애란⁸, 2020년 심폐소생술 가이드라인 총괄위원회

연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹, 연세대학교 의과대학 응급의학교실², 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실³, 서울대학교 의과대학 소아과학교실⁴, 경북대학교 의과대학 응급의학교실⁵, 서울대학교 의과대학 내과학교실⁶, 한림대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실⁸

I.

심장정지 생존 환경



병원밖 심장정지는 발생을 예측하기 어렵고 병원 이외의 장소에서 발생하기 때문에 치료 과정에 다양한 사회적, 의학적 요소가 필요하다. 심장정지로 인한 사망을 줄이려면, 심장정지의 예방, 치료, 재활과 연관된 의료적 요소와 더불어 심장정지에 대한 인식, 심폐소생술 교육 등 비의료적 요소가 심장정지의 생존과 연관되어 있다는 것을 인식해야 한다. 일단 심장정지가 발생한 이후에는 효과적인 소생술을 하더라도 생존율이 낮으므로 심장정지로 인한 사망을 줄이는 중요한 수단은 예방이다. 또한, 심장정지로 인한 사망을 최소화하기 위해 국가 및 지역사회는 국민이 심장정지를 인지하고 심폐소생술을 할 수 있도록 교육하고, 효과적으로 치료하기 위한 체계(심장정지 치료 체계)를 구축해야 한다. 심장정지 치료 체계는 심장정지 치료에 관계되는 인력, 교육, 장비, 조직이 포함된 집합체이다. 효과적인 심장정지 치료 체계의 구축이 심장정지 환자의 생명을 구하는 데에 가장 중요하다. 아울러 심장정지 발생을 줄이고 심장정지 치료 체계를 효율화하려면 지역사회에 심장정지 치료를 위한 의료적, 비의료적 환경이 갖추어져야 한다. 심장정지 생존 환경은 심장정지 예방부터 효과적 치료 및 재활에 이르기까지 심장정지로 인한 사망을 줄이기 위해 필수적인 의학적, 비의학적 요소를 지원하거나 효율화하는 데에 필요한 사회 요소들을 말한다. 심장정지로 인한 사망을 최소화하기 위해 국가 및 지역사회는 효율적인 심장정지 치료 체계와 이를 뒷받침할 수 있는 심장정지 생존 환경을 구축해야 한다.

1. 심장정지 예방을 위한 정책

우리나라의 병원밖 급성심장정지 발생률은 2018년 조사 결과에 따르면 인구 10만 명당 59.5명이며 점차 증가추세에 있다.¹ 심장정지는 연령이 증가할수록 발생률이 높아지므로, 인구의 고령화가 진행 중인 우리나라에는 앞으로 더 많은 심장정지 환자가 발생할 가능성이 있다. 우리나라는 다른 아시아국가에 비하여 병원밖 심장정지가 약 10세가량 조기에 발생하기 때문에 심장정지로 인한 공중보건학적 부담이 크다.² 또 관상동맥질환, 심부전, 심장부정맥을 포함한 고위험 심장질환이 있는 경우에 심장정지 발생 가능성이 크다. 그러나 발생 원인에 따른 심장정지 환자의 구성을 보면, 특별한 심장질환이 없는 정상인 또는 심장질환의 일반적 위험인자를 가진 만성질환자가 고위험 심장질환이 있는 환자보다 더 많다.³ 2018년 우리나라 심장정지 생존회율은 8.6%이며 뇌기능회복률은 5.1%이다.¹ 지역사회와 응급의료체계 및 병원에서의 소생 노력에도 불구하고 심장정지 환자의 대부분이 사망하며 생존자 중에서도 신경학적 손상으로 일상생활에 복귀할 수 없는 경우가 많다. 따라서 국가 및 지역사회는 심장정지의 원인과 발생 요인을 규명하여 인구 집단에서 심장정지 발생의 고위험군을 찾아내고 관리함으로써 발생을 예방하는 방안을 마련할 것을 제안한다.

병원 내에서도 예측되지 않은 심장정지가 발생한다. 우리나라에는 병원내 심장정지에 대한 체계적 조사 또는 보고 체계가 없어서 병원내 심장정지 실태와 생존율에 대한 자료가 없는 실정이다. 미국심장협회 Get With The Guidelines-Resuscitation registry 자료를 분석한 보고에서 병원내 심장정지 발생률은 입원환자 1,000명당 9~10명이며, 생존율은 약 25%인 것으로 알려졌다.⁴ 병원내 심장정지에서 충격불필요리듬(무수축과 무맥성 전기활동)이 차지하는 비율이 증가하고 생존율과 뇌기능회복률이 개선되지 않고 있다.⁵ 각 병원은 병원에 내원하거나 입원해 있는 환자의 심장정지를 예방하고 치료하기 위한 방안을 마련해야 한다. 이를 위하여 병원은 환자의 증상 또는 징후를 감시하여 심장정지의 조기 경고 징후(early warning signs)를 찾아내고 환자의 위기 상황에 대처할 수 있는 신속대응팀(rapid response team)을 운영할 필요가 있다.^{6,7}

2. 심폐소생술 교육

목격자의 심폐소생술 시행 여부는 병원밖 심장정지의 생존을 결정하는 중요한 요소이다. 국민에게 안전교육의 한 요소인 심폐소생술을 교육하면 심장정지에 대한 국민의 대응능력이 향상될 수 있다. 국외에서는 다양한 캠페인 또는 행사(유럽소생위원회의 Kids Save Lives와 World Restart a Heart, 미국심장협회의 CPR awareness week)를 통하여 국민에게 심장정지에 대한 인식과 심폐소생술을 확산시키려고 노력하고 있다.^{8,9} 심폐소생술을 교육하려면 교육 강사와 적합한 시설 및 교육 장비를 갖추고 교육의 수준과 질을 평가할 수 있어야 한다. 따라서 국가 및 지역사회는 국민에게 심장정지에 대한 인식과 심폐소생술 교육 확산을 위한 제도를 마련하고, 교육이 효과적으로 이루어질 수 있도록 지원할 필요가 있다.

병원내 심장정지 치료 과정에서 소생팀 중 전문소생술 교육을 받은 구성원이 있는 경우에 생존율이 높아진다.¹⁰ 또한, 전문소생술 가이드라인에 부합된 심폐소생술로 치료받은 병원내 심장정지 환자의 생존율이 높다.¹¹ 2020년 가이드라인에서는 병원내 의료종사자에게 직역에 적합한 단계의 심폐소생술 교육을 받도록 권고했으며, 심폐소생술 팀 소속 의료종사자는 인증된 전문소생술 교육과정을 이수하도록 권고했다.

3. 심장정지 치료 체계

병원밖 심장정지 환자를 소생시키려면 목격자와 의료종사자의 심폐소생술 역량뿐 아니라 심장정지 치료를 위한 사회-의료체계가 뒷받침되어야 하는데 이러한 체계를 심장정지 치료체계(cardiac arrest treatment system)라고 한다. 심장정지 치료체계는 응급의료체계와 더불어 심장정지 치료와 연관된 인적 및 물적 자원, 지원체계, 정책, 제도를 모두 포함한다. 2020년 가이드라인에서는 병원밖 심장정지 생존율을 높이는 방안으로 심장정지 치료 체계 중 다음의 요소를 강화할 것을 제안한다.

1) 일반인 제세동(public access defibrillation)

일반인 제세동은 공공장소에 자동제세동기(자동심장충격기)를 설치하여 심장정지가 발생했을 때 일반인 구조자가 제세동하는 것이다. 충격필요리듬 상태의 병원밖 심장정지 환자에 대하여 목격자가 일반인 제세동을 한 경우에 제세동하지 않았을 때에 비하여 1개월 뇌기능회복 생존율이 2배 정도 증가한다.¹² 우리나라는 다중이용시설 등 심장정지 발생 가능성이 큰 장소에 자동제세동기 설치를 의무화하고 있어서 자동제세동기가 비교적 널리 보급되어 있는 국가이다. 그러나 심장정지 치료 과정에서 일반인 제세동이 시행되는 경우는 매우 드물다. 비의료인 구조자는 사용법의 미숙지, 의료기기 사용에 대한 두려움, 사용 결과에 따른 책임에 대한 걱정 때문에 자동제세동기를 사용하지 않는 경우가 많다.¹³ 국가 및 지역사회는 자동제세동기의 보급과 더불어 심폐소생술 교육과정에서 자동제세동기의 유용성, 안전성, 사용 방법, 선의의 응급의료제공자에 대한 법적 보호에 대하여 체계적으로 교육해야 한다.

2) 구급상황(상담)요원 역할의 강화

구급상황(상담)요원은 목격자와 응급의료체계를 연결함으로써 심장정지 환자의 생존을 위한 전문 치료가 시작되게 하는 역할을 한다. 휴대전화의 보급으로 목격자와 구급상황(상담)요원과의 실시간 통화(또는 영상 통화)가 가능해져 심장정지 구조 과정에 긍정적 영향을 주고 있다. 병원밖 심장정지를 치료하는 과정에서 구급상황(상담)요원은 목격자와의 실시간 통화(또는 영상 통화)로 목격자가 심장정지를 인지하고 심폐소생술을 하도록 도움을 줄 수 있다. 구급상황(상담)요원이 신고자와 통화할 때 심폐소생술을 시작하는 시간을 단축할 수 있도록 정형화된 프로토콜을 사용하는 것이 권고된다.¹⁴ 또한, 전화 도움 심폐소생술 시스템을 갖춰서 구급상황(상담)요원이 신고자에게 심폐소생술을 하도록 지도할 경우, 병원밖 심장정지 생존율을 높일 수 있다.¹⁵ 2020년 가이드라인에서는 목격자의 심장정지 인지율과 심폐소생술 시행률을 높이고자 구급상황(상담)요원이 정형화된 심장정지 상황 프로토콜과

심폐소생술 지도 시스템을 사용할 것을 권고했다.

3) 정보통신기술의 활용

병원밖 심장정지 목격자가 심장정지 발생을 주변 사람에게 알리면, 심폐소생술을 하거나 자동제세동기를 현장에 가져오게 하는 데에 도움을 받을 수 있다. 최근 정보통신기술이 발달함에 따라 다양한 방식으로 심장정지 발생을 주변 사람에게 알릴 수 있다. 병원밖 심장정지 목격자가 휴대전화의 위치 정보와 문자메시지를 사용하여 심장정지 발생을 알리면 심장정지 환자의 생존퇴원율이 증가한다.¹⁶ 또한, 심장정지 신고를 받은 후 미리 등록된 심폐소생술 훈련을 받은 자원봉사자에게 위치 정보를 알려줄 경우, 목격자 심폐소생술 시행률이 높아진다.¹⁷ 정보통신기술이 발달함에 따라 병원밖 심장정지 치료 체계에 정보통신기술을 활용하는 방안이 모색되어야 한다. 2020년 가이드라인에서는 정보통신기술(휴대전화의 위치 정보와 문자메시지 등)을 사용하여 주변에 있는 사전 동의한 반응자에게 심장정지 발생을 알리도록 권고했다.

4) 심장정지 치료센터

심장정지로부터 순환회복된 환자는 소생후 통합 치료와 원인을 찾고 치료하기 위한 집중 치료가 필요하다. 집중 치료가 가능한 중환자실, 목표체온유지치료, 관상동맥조영술 및 경피관상동맥중재술, 소생후 신경학적 예후를 판단하기 위한 검사 시설을 갖춘 심장정지 치료센터(cardiac arrest center)가 있는 의료기관에서 심장정지 환자를 치료하는 것이 사망률을 낮춘다.¹⁸ 병원밖 심장정지 환자를 심장정지 치료센터 수준의 병원으로 이송한 경우에 생존율과 뇌기능회복률이 높아진다.¹⁹ 2020년 가이드라인에서는 병원밖 심장정지 환자를 집중 치료와 관상동맥조영술이 가능한 병원으로 이송하도록 권고했으며, 심장정지 치료센터의 기능 및 시설에 대한 기준을 정하도록 권고했다.

4. 평가와 질 관리

심장정지 치료 체계를 향상하기 위한 활동(모니터링, 평가, 질 관리 활동)은 심장정지 환자의 치료 과정을 개선하여 심장정지 생존율을 높인다.²⁰⁻²³ 심장정지 치료 체계의 효율성을 향상시키려면 심장정지 치료 과정 및 결과에 대한 평가와 질 관리가 필요하다. 이를 위하여 국가 및 지역사회에서는 해당 심장정지 치료 체계의 수행도를 평가하기 위한 지표를 선정한 후, 해당 지표를 주기적으로 모니터링해야 한다. 심장정지 치료 체계 수행도를 평가하려면, 생존율, 뇌기능회복 생존율 등 치료 결과를 알 수 있는 결정적 지표와 더불어 심장정지 치료와 관련된 과정 지표(심폐소생술 교육 현황, 목격자 심폐소생술 시행률, 자동제세동기 사용률, 구급차 현장도착시간, 현장 심폐소생술 동안 구급대원의 소생 술기 시행 능력을 포함한 응급의료체계의 효율성, 병원내 소생술 지표 등)를 함께 모니터링하는 것이 필요하다. 또한, 각 지표에 대한 국가 또는 지역사회의 목표치를 설정하고 목표를 달성하기 위한 계획을 수립하고 실행해야 한다. 국가 및 지역사회의 심장정지 치료 체계를 평가하고 지속하여 개선하는 과정에는 인력 및 재정이 소요되고, 관련 기관과의 연계와 협조가 필요하다는 것을 인식해야 한다. 병원 내에서도 심장정지 치료 체계의 효율화를 위해 평가와 질 관리를 해야 한다. 병원은 신속대응팀의 활동, 직원의 심폐소생술 교육 이수율, 병원내 심폐소생술 수행도, 목표체온유지치료를 포함한 병원내 중재 시행률, 생존율 및 뇌기능회복 생존율을 포함한 지표를 모니터링하여 병원내 소생술의 질을 관리해야 한다. 2020년 가이드라인에서는 심장정지 생존율 향상을 위하여 국가 또는 지역사회, 의료기관이 심장정지 치료 체계의 수행도를 높이기 위한 목표를 설정하고 중점 목표 지표와 수행도를 평가하도록 권고했다.

II.

생존사슬



생존사슬(chain of survival)은 심장정지가 발생한 사람의 생명을 구하기 위해 실행되어야 하는 가장 중요한 요소의 연결고리이다. 심장정지가 발생했을 때 생존사슬의 각 요소가 효과적으로 실행되면 심장정지 환자의 생존 가능성이 커진다. 생존사슬의 첫 단계는 환자를 발견한 목격자가 심장정지 발생을 인지하고 신속히 구조를 요청하는 과정으로 시작된다. 둘째 단계는 심장정지 환자에게 목격자가 가능한 한 빨리 심폐소생술을 하는 것이다. 셋째 단계는 충격필요리듬을 치료하기 위하여 자동제세동기를 사용하여 제세동하는 것이다. 넷째 단계는 관찰되는 심전도 리듬에 따라 제세동, 약물 투여, 전문기도유지술 등 치료를 하는 전문소생술 단계이다. 다섯째 단계는 자발순환이 회복된 환자에게 원인을 교정하고 목표체온유지치료를 포함한 소생후 통합 치료와 생존자에 대한 재활치료를 하는 것이다. 2020년 가이드라인에서는 병원밖 심장정지와 병원내 심장정지의 생존사슬을 분리하여 제시하였다(그림 2, 3).



그림 2. 병원밖 심장정지 생존사슬

* 심장정지 인지와 구조요청-목격자 심폐소생술-제세동-전문소생술-소생후 치료



그림 3. 병원내 심장정지 생존사슬

* 조기 인지와 소생팀 호출-고품질 심폐소생술-제세동-전문소생술-소생후 치료

생존사슬의 각 요소는 국가 및 지역사회 또는 의료기관의 심장정지 생존 환경에 영향을 받는다. 병원밖 심장정지 생존 환경의 중요한 요소는 심장정지 예방, 심폐소생술 교육, 심장정지 치료 체계 구축, 평가 및 질 관리이다(그림 4). 병원내 심장정지 생존 환경의 중요한 요소는 신속대응팀 운영, 직원 심폐소생술 교육, 병원내 심장정지 치료체계 구축, 평가 및 질 관리이다. 심장정지 생존 환경은 생존사슬의 각 요소를 효율화함으로써 생존사슬을 강화한다(그림 5).

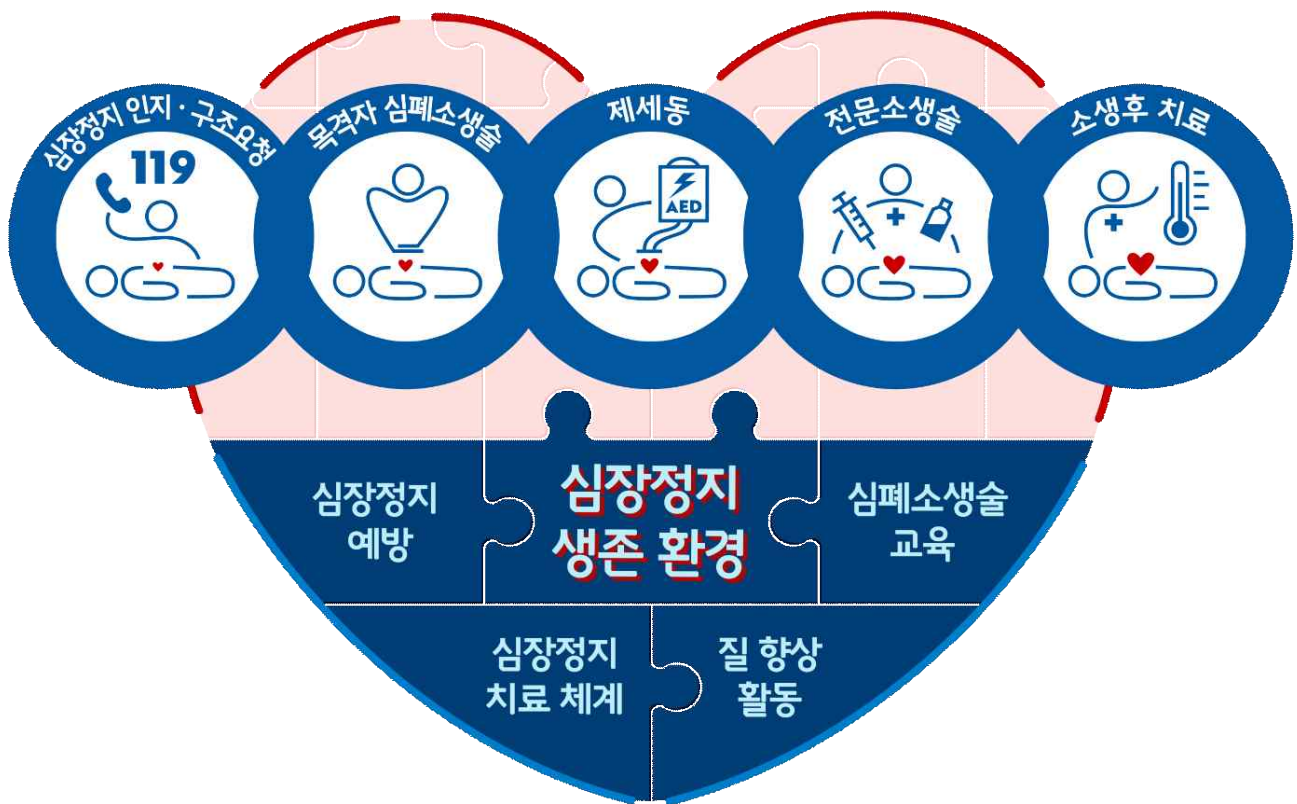


그림 4. 병원밖 심장정지 생존 환경과 생존사슬

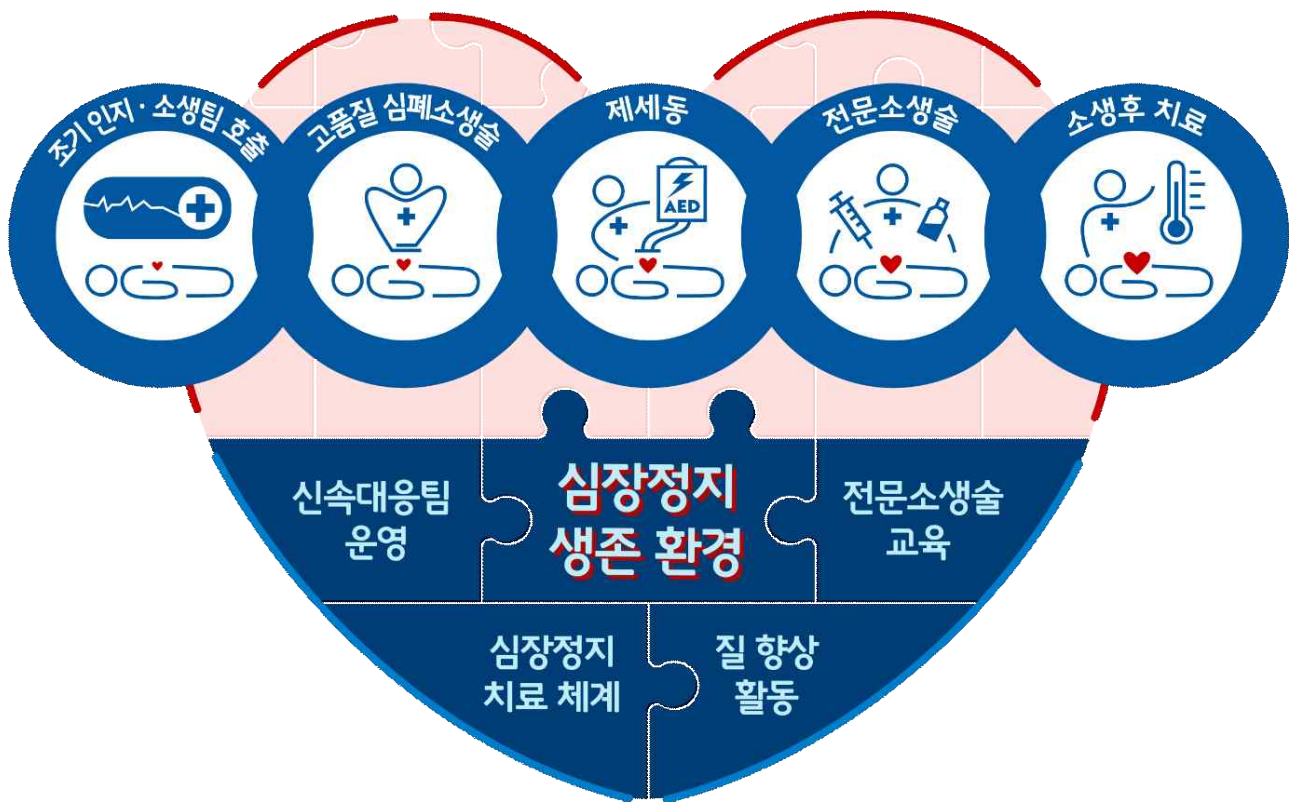


그림 5. 병원내 심장정지 생존 환경과 생존사슬

1. 심장정지 인지(병원밖 심장정지)·조기 인지(병원내 심장정지)와 구조 요청

심장정지의 통상적인 임상 증상은 의식 소실, 무호흡, 무맥박이지만 심장정지가 발생한 직후 심장정지 호흡(agonal gasp)이나 경련이 발생할 수 있다.^{24,25} 목격자가 심장정지 발생을 신속히 인지하여 구조 요청을 하면 심장정지 치료가 빨리 시작됨으로써 심장정지 생존율이 향상된다.²⁶ 따라서 심폐소생술 교육과정에는 심장정지 임상 증상을 포함한 심장정지 인지에 관한 내용이 포함되어 있어야 한다. 또한 구급상황(상담)요원은 응급 신고전화를 받았을 때 환자가 심장정지 상태인지를 판단할 수 있도록 교육을 받아야 하며, 심장정지를 판단하기 위한 표준화된 알고리즘과 기준을 사용해야 한다. 병원에서는 심장정지 발생 전에 나타나는 조기 경고 징후 지표를 사용하고 심장정지 발생을 예방하고 대응할 수

있는 신속반응팀(rapid response team, 또는 원내응급팀: medical emergency team)을 운영하는 것이 권고된다.^{26,27}

구조 요청은 목격자가 심장정지를 인지한 후 가장 먼저 해야 하는 행위이다. 병원밖에서는 목격자가 주변 사람에게 구조를 요청하고 119에 전화를 함으로써 응급의료체계가 활성화된다. 병원내에서는 주변 의료인에게 도움을 요청하고 (전문)소생팀을 호출함으로써 구조요청 과정이 수행된다.

2. 심폐소생술

병원밖 심장정지 구조 과정에서 목격자는 구조 요청 후 즉시 심폐소생술을 시작해야 한다. 목격자에 의한 심폐소생술이 시행된 경우에는 시행되지 않은 경우보다 심장정지 환자의 생존율이 약 4배까지 높아진다.²⁸ 병원밖 심장정지 환자에게 가슴압박소생술을 한 경우와 표준 심폐소생술(인공호흡 포함)을 한 경우에 생존율 차이는 없다고 알려졌다.²⁹ 따라서 병원 밖에서 일반인 목격자가 심폐소생술을 할 때, 인공호흡을 할 의지가 없는 경우에는 가슴압박소생술을 하도록 권고한다. 병원내에서도 심장정지를 인지한 직원은 즉시 기본소생술을 해야 한다. 병원 직원은 주기적으로 심폐소생술 훈련을 받아야 하며, 심장정지 환자에게 고품질 심폐소생술을 제공해야 한다.

3. 제세동

심실세동이 발생한 후 제세동이 1분 지연될 때마다 제세동 성공 가능성이 7~10%씩 감소한다.^{30,31} 병원밖 환경에서 신속한 제세동을 위해 일반인 제세동 프로그램이 확산되고 활성화되어야 한다. 공공장소에 자동제세동기를 설치하고 심장정지가 발생했을 때 일반인이 자동제세동기를 사용하는 일반인 제세동 프로그램은 병원밖 심장정지 생존율을 높이는 데에 기여하고 있다.¹² 우리나라는 법률을

제정하여 다중이용시설을 포함한 공공장소 또는 거주지에 자동제세동기 설치를 의무화하고 있지만, 일반인에 의한 자동제세동기 사용 빈도는 높지 않다. 따라서 일반인 제세동 프로그램을 위해서는 자동제세동기 설치뿐 아니라 자동제세동기 사용을 활성화할 수 있는 방안을 모색해야 한다. 병원 내에서도 신속한 제세동을 위하여 필요한 장소에 자동제세동기를 설치하고 직원을 교육하여 심장정지가 발생했을 때 즉시 자동제세동기를 사용할 수 있어야 한다.

4. 전문소생술

심폐소생술과 제세동을 포함한 기본소생술에도 자발순환이 회복되지 않는 환자에게는 약물주사를 위한 투여로 확보, 혈관수축제(에피네프린), 항부정맥제(아미오다론 또는 리도카인)를 포함한 약물 투여, 전문기도유지술을 포함한 전문소생술을 해야 한다. 병원밖 심장정지 치료 과정에서 법률적 제약이 없다면, 현장 구급대원은 의료지도(medical control)를 받아 약물주사를 위한 투여로 확보, 에피네프린 투여, 전문기도기 삽관을 포함한 전문소생술을 시행한다. 현장에서의 전문소생술이 병원밖 심장정지 환자의 생존율을 높이는지에 대해서는 논란이 있다.^{32,33} 따라서 구급대원은 현장 심폐소생술을 하는 과정에서 지도 의사의 의료지도에 따라 전문소생술을 하고 환자의 이송 시기를 결정할 것을 권고한다. 병원내 심장정지 치료 과정에서 전문소생술팀은 통상적인 제세동, 약물 투여와 더불어 가용한 경우에 현장 진료 초음파의 사용, 체외순환 심폐소생술을 포함한 고도의 전문소생술 시행을 고려해야 한다. 체외순환 심폐소생술을 포함한 고도의 전문소생술이 시행되는 빈도가 낮으므로, 병원 전문소생술팀은 고도의 전문소생술을 신속히 할 수 있도록 훈련되어야 한다.

5. 소생후 치료

자발순환이 회복된 모든 심장정지 환자는 집중치료시설에 입원하여 집중 감시, 심장정지 원인 규명을 위한 검사, 심장정지 후 증후군에 대한 치료를 포함한 소생후 치료를 받아야 한다. 심장정지 생존자에게는 일상생활로의 복귀를 위한 재활 치료가 필요하다. 소생후 치료에는 폐 환기 유지, 혈액학적 감시, 중환자 집중 치료와 더불어 목표체온유지치료, 급성관상동맥증후군에 대한 응급관상동맥조영술 및 경피관상동맥중재술, 심장정지 원인 치료, 신경학적 예후를 평가하기 위한 검사가 포함된다. 효율적인 소생후 치료를 제공하여 심장정지 환자의 사망률을 줄이려면, 집중치료를 위한 중환자실이 있어야 하며, 목표체온유지치료를 위한 시설, 24시간 관상동맥조영술 및 경피관상동맥중재술이 가능한 시설, 인력 및 장비가 필요하다.^{19,34} 심장정지로부터 소생된 환자는 인지 장애를 포함한 신경학적 손상에 대한 체계적인 평가 결과를 바탕으로 세워진 계획에 따라 재활 치료를 받아야 한다.³⁵ 2020년 가이드라인에서는 심장정지로부터 순환회복된 환자를 심장정지 치료를 할 수 있는 적절한 시설, 인력, 장비를 보유한 의료기관으로 이송하여 소생후 치료를 하고 신경학적 후유증에 대한 재활 치료를 하도록 권고했다.

참고문헌

1. Korea Disease Control and Prevention Agency. 2006–2018 Cardiac arrest survey. Osong, Korea: Korea Disease Control and Prevention Agency, 25 September 2020. (http://www.kdca.go.kr/board.es?mid=a20503050000&bid=0021&act=view&list_no=365592#quick)
2. Ong ME, Shin SD, De Souza NN, et al. Outcomes for out-of-hospital cardiac arrests across 7 countries in Asia: The Pan Asian Resuscitation Outcomes Study (PAROS). *Resuscitation* 2015;96:100–8.
3. Myerburg RJ, Kessler KM, Castellanos A. Sudden cardiac death. Structure, function, and time-dependence of risk. *Circulation* 1992;85(1 Suppl):I2–10.
4. Andersen LW, Holmberg MJ, Berg KM, Donnino MW, Granfeldt A. In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA* 2019;321(12):1200–10.
5. Girotra S, Nallamothu BK, Spertus JA, Li Y, Krumholz HM, Chan PS. Trends in survival after in-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2012;367(20):1912–20.
6. Salvatierra G, Bindler RC, Corbett C, Roll J, Daratha KB. Rapid response team implementation and in-hospital mortality*. *Crit Care Med* 2014;42(9):2001–6.
7. Spångfors M, Molt M, Samuelson K. In-hospital cardiac arrest and preceding National Early Warning Score (NEWS): A retrospective case-control study. *Clin Med (Lond)* 2020;20(1):55–60.
8. Böttiger BW, Bossaert LL, Castrén M, et al. Kids Save Lives – ERC position statement on school children education in CPR: "Hands that help – Training children is training for life". *Resuscitation* 2016;105:A1–3.
9. Böttiger BW, Lockey A, Aickin R, et al. "All citizens of the world can save a life" – The World Restart a Heart (WRAH) initiative starts in 2018. *Resuscitation* 2018;128:188–90.
10. Dane FC, Russell-Lindgren KS, Parish DC, Durham MD, Brown TD. In-hospital resuscitation: association between ACLS training and survival to discharge. *Resuscitation* 2000;47(1):83–7.
11. Honarmand K, Mepharm C, Ainsworth C, Khalid Z. Adherence to advanced cardiovascular life support (ACLS) guidelines during in-hospital cardiac arrest is associated with improved outcomes.

Resuscitation 2018;129:76–81.

12. Kitamura T, Kiyohara K, Sakai T, et al. Public–Access Defibrillation and Out–of–Hospital Cardiac Arrest in Japan. *N Engl J Med* 2016;375(17):1649–59.
13. Choe MSP, Lee MJ. National survey of awareness and training experience of automated external defibrillator. *J Korean Soc Emerg Med* 2019;30(4):301–8.
14. Lewis M, Stubbs BA, Eisenberg MS. Dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation: time to identify cardiac arrest and deliver chest compression instructions. *Circulation* 2013;128(14):1522–30.
15. Wu Z, Panczyk M, Spaite DW, et al. Telephone cardiopulmonary resuscitation is independently associated with improved survival and improved functional outcome after out–of–hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;122:135–40.
16. Stroop R, Kerner T, Strickmann B, Hensel M. Mobile phone–based alerting of CPR–trained volunteers simultaneously with the ambulance can reduce the resuscitation–free interval and improve outcome after out–of–hospital cardiac arrest: A German, population–based cohort study. *Resuscitation* 2020;147:57–64.
17. Ringh M, Rosenqvist M, Hollenberg J, et al. Mobile–phone dispatch of laypersons for CPR in out–of–hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2015;372(24):2316–25.
18. Soholm H, Kjaergaard J, Bro–Jeppesen J, et al. Prognostic Implications of Level–of–Care at Tertiary Heart Centers Compared With Other Hospitals After Resuscitation From Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2015;8(3):268–76.
19. Spaite DW, Bobrow BJ, Stolz U, et al. Statewide regionalization of postarrest care for out–of–hospital cardiac arrest: association with survival and neurologic outcome. *Ann Emerg Med* 2014;64(5):496–506 e1.
20. Edelson DP, Litzinger B, Arora V, et al. Improving in–hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Arch Intern Med* 2008;168(10):1063–9.
21. Anderson ML, Nichol G, Dai D, et al. Association Between Hospital Process Composite

Performance and Patient Outcomes After In-Hospital Cardiac Arrest Care. *JAMA Cardiol* 2016;1(1):37–45.

22. Sporer K, Jacobs M, Derevin L, Duval S, Pointer J. Continuous Quality Improvement Efforts Increase Survival with Favorable Neurologic Outcome after Out-of-hospital Cardiac Arrest. *Prehosp Emerg Care* 2017;21(1):1–6.

23. Kronick SL, Kurz MC, Lin S, et al. Part 4: Systems of Care and Continuous Quality Improvement: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S397–413.

24. Stecker EC, Reinier K, Uy-Evanado A, et al. Relationship between seizure episode and sudden cardiac arrest in patients with epilepsy: a community-based study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013;6(5):912–6.

25. Clark JJ, Larsen MP, Culley LL, Graves JR, Eisenberg MS. Incidence of agonal respirations in sudden cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1992;21(12):1464–7.

26. Lee SY, Ro YS, Shin SD, et al. Recognition of out-of-hospital cardiac arrest during emergency calls and public awareness of cardiopulmonary resuscitation in communities: A multilevel analysis. *Resuscitation* 2018;128:106–11.

27. Oh TK, Kim S, Lee DS, et al. A rapid response system reduces the incidence of in-hospital postoperative cardiopulmonary arrest: a retrospective study. *Can J Anaesth* 2018;65(12):1303–13.

28. Sasson C, Rogers MA, Dahl J, Kellermann AL. Predictors of survival from out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2010;3(1):63–81.

29. Svensson L, Bohm K, Castrèn M, et al. Compression-only CPR or standard CPR in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2010;363(5):434–42.

30. Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med* 1993;22(11):1652–8.

31. Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Incidence, duration and survival of ventricular fibrillation

in out-of-hospital cardiac arrest patients in sweden. Resuscitation 2000;44(1):7–17.

32. Kurz MC, Schmicker RH, Leroux B, et al. Advanced vs. Basic Life Support in the Treatment of Out-of-Hospital Cardiopulmonary Arrest in the Resuscitation Outcomes Consortium. Resuscitation 2018;128:132–7.

33. Stiell IG, Wells GA, Field B, et al. Advanced cardiac life support in out-of-hospital cardiac arrest. N Engl J Med 2004;351(7):647–56.

34. Elmer J, Callaway CW, Chang CH, et al. Long-Term Outcomes of Out-of-Hospital Cardiac Arrest Care at Regionalized Centers. Ann Emerg Med 2019;73(1):29–39.

35. Boyce LW, Goossens PH. Rehabilitation after Cardiac Arrest: Integration of Neurologic and Cardiac Rehabilitation. Semin Neurol 2017;37(1):94–102.

제 3장

기본소생술

정성필¹, 조규종², 송경준³, 김기운⁴, 김정윤⁵, 오재훈⁶, 오제혁⁷, 유승⁸, 유승목⁹, 이은호¹⁰, 홍주영¹, 황성오¹¹, 차경철¹¹, 김영민¹², 박준동¹³, 김한석¹³, 이미진¹⁴, 나상훈¹⁵, 김애란¹⁶, 2020년 심폐소생술 가이드라인
기본소생술 위원회

연세대학교 의과대학 응급의학교실¹, 한림대학교 의과대학 응급의학교실², 서울대학교 의과대학 응급의학교실³, 순천향대학교 의과대학 응급의학교실⁴, 고려대학교 의과대학 응급의학교실⁵, 한양대학교 의과대학 응급의학교실⁶, 중앙대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 충남대학교 의과대학 응급의학교실⁸, 울산대학교 의과대학 응급의학교실⁹, 울산대학교 의과대학 마취통증의학교실¹⁰, 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹¹, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실¹², 서울대학교 의과대학 소아과학교실¹³, 경북대학교 의과대학 응급의학교실¹⁴, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁵, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실¹⁶

I.

2020년 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 기본소생술 순서

2020년 기본소생술 가이드라인은 기본소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 기본소생술 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다.¹ 임상적 중요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 하였다.

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐 구분되었다(표 2 참조).² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서 제시하는 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권

고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).^{2,3} 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험에 비해 매우 높은 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만, 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III (harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항

2020년 기본소생술 가이드라인 중 2015년 가이드라인과 비교하여 변경된 내용은 다음과 같다.

1) 구급상황(상담)요원의 강화된 역할

성인 심장정지 환자의 생존율을 높이기 위해서는 지역사회에서 구급상황(상담)요원(응급의료전화상담원)이 사용할 수 있도록 응급의료체계에 심폐소생술 지원체계를 갖추어야 한다(권고 등급 IIa, 근거수준 B-NR). 신고자가 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 시행하도록 구급상황(상담)요원이 도와주는 것은 심장정지 환자의 생존에 효과적일 수 있다(권고 등급 IIa, 근거수준 B-NR). 또한 구급상황(상담)요원이 응급호출을 받았을 때 환자가 심장정지 상태인지를 신속하게 판단하기 위해 표준화된 알고리즘과 기준을 사용할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).

2) 기본소생술 중 일부 변경

구조자가 혼자이면서 휴대전화를 가지고 있는 경우, 구조자는 휴대전화의 스피커를 켜거나 핸드프리 기능을 활성화한 후 즉시 심폐소생술을 시작하고 필요하면 구급상황요원의 도움을 받는 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).

병원밖 심장정지 상황(심장정지 환자가 침대에 누워있지 않은 경우)에서 가능하면 딱딱한 바닥에 환자를 바로 눕히고 가슴압박을 시행할 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 병원내 심장정지 상황(심장정지 환자가 침대에 누워있는 경우)에서 가능하면 매트리스와 환자의 등 사이에 백 보드(backboard)를 끼워 넣고 가슴압박을 시행할 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 가슴압박 깊이를 향상하기 위해 환자를 침대에서 바닥으로 옮기지 않을 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

성인 심장정지 시 제세동 이후에 곧바로 가슴압박을 다시 시작하도록 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R). 심폐소생술 중 심장 리듬을 확인하기 위해 2분 간격으로 가슴압박을 중단하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 자발순환회복을 시사하는 생리학적 지표(동맥의 파형 혹은 호기말 이산화탄소의 급격한 상승)가 관찰되는 경우에는 리듬 확인을 위하여 가슴압박을 잠시 멈출 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

3) 현장 심폐소생술 시간

현장 심폐소생술을 6분 동안 시행한 후에도 순환이 회복되지 않을 때는 병원으로 이송을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 현장에서 전문소생술을 10분 동안 시행한 후에도 순환이 회복되지 않으면 병원으로의 이송을 고려하되, 직접의료지도 의사의 판단에 따라 연장을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

4) 이물에 의한 기도폐쇄

이물에 의한 기도폐쇄 환자와 기침을 효과적으로 하지 못하는 환자에게 우선적인 처치로 등 두드리기를 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 이물에 의한 기도폐쇄 환자와 기침을 효과적으로 하지 못하는 환자에게 등 두드리기가 효과적이지 못할 때 복부 밀어내기를 사용할 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

5) 익수 환자에 대한 심폐소생술

익수 환자에게 목격자 심폐소생술을 할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 구조자가 훈련을 받았고 시행 의지가 있는 경우에 익수에 의한 심장정지 환자에게 인공호흡을 포함한 표준 심폐소생술을 할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수에 의한 심장정지 환자에게 자동제세동기의 사용을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 적절한 장비를 갖춘 잘 훈련된 수상구조팀이라면 익수로 인한 심장정지 환자에게 물속에서의 심폐소생술을 시도(시행)할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수로 심장정지가 발생한 경우 적절한 장비를 갖춘 잘 훈련된 수상구조팀이라면 구명보트 위에서 심폐소생술을 시행하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

익수 환자에 대한 수색 및 구조에 관계된 결정을 내릴 때 침수시간을 예후 지표로 사용할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR). 익수 환자의 경우 예후 결정인자로서 나이, 응급의료체계 반응 시간, 물의 유형(담수 또는 해수), 수온, 목격 여부를 사용하지 않을 것을 제안한다(권고 등급 III, 근거 수준 B-NR).

6) 코로나19 감염 혹은 감염 의심환자의 전문소생술

코로나19 유행 상황에서 의료종사자는 소생술 중 에어로졸이 생성되는 시술을 하는 동안 개인 보호 장비를 사용하기를 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 가슴압박과 심폐소생술이 에어로졸의 생성을 유발하여 감염전파의 위험을 증가시킬 수 있으므로 의료인 구조자는 마스크, 장갑, 긴팔 가운, 고글을 포함한 적절한 개인 보호구를 착용하기를 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). 제세동이 필요한 경우에는 감염전파에 유의하면서 적극적으로 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). 가슴압박소생술은 감염전파의 위험성이 낮지만, 잠재적으로 에어로졸 생성의 가능성이 있으므로 될 수 있으면 환자의 입과 코를 가리고 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

3. 기본소생술 순서

2020년 한국심폐소생술 가이드라인에서는 성인 심장정지 기본소생술 순서(알고리즘)를 심장정지의 장소 및 구조자의 특성에 따라 병원밖 심장정지에 대한 일반인 구조자용, 의료종사자용과 병원내 심장정지용으로 구분하였다.

1) 병원밖 심장정지 기본소생술 순서(일반인 구조자)

심장정지가 의심되는 환자를 발견한 일반인 구조자는 현장이 안전한지 확인한 다음 환자에게 다가가 반응을 확인한다. 반응이 없으면 119 신고 및 자동심장충격기(일반인 구조자 대상으로 자동제세동기 대신 자동심장충격기 용어를 사용한다)를 요청하고 구급상황(상담)요원의 조언에 따른다. 환자의 호흡이 정상이라면 관찰하면서 구급대를 기다리고, 호흡이 없거나 정상이 아니라면 가슴압박소생술을 시작한다. 인공호흡을 교육받았고 시행할 의지가 있다면 30:2로 가슴압박과 인공호흡을 시행한다. 자동심장충격기를 사용할 수 있으면 음성지시에 따라 제세동을 시행한다. 제세동이 필요하지 않거나 제세동을 한 직후에는 바로 2분 동안 심폐소생술을 시행한 다음 자동심장충격기로 심장 리듬을 다시 분석한다. 심폐소생술은 구급대가 도착하거나 환자가 움직이거나 호흡이 정상화될 때까지 시행하여야 한다(그림 6).

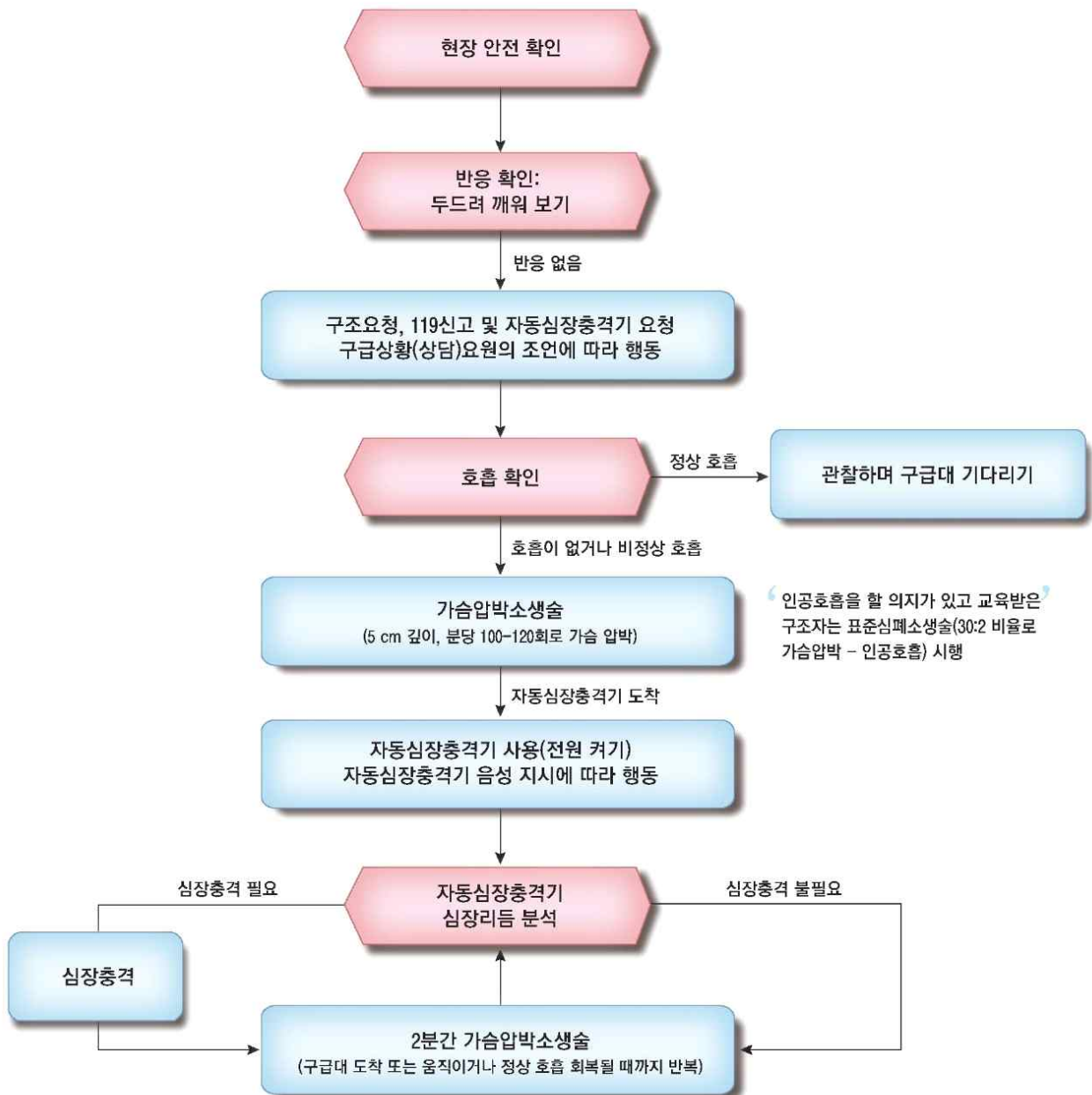


그림 6. 2020년 성인 병원밖 심장정지 기본소생술 순서(일반인 구조자용)

2) 병원밖 심장정지 기본소생술 순서(의료종사자)

기본적으로 일반인 구조자의 알고리즘과 같지만 일부 다른 부분이 있다. 반응이 없는 환자에 대해 구조 요청을 한 다음 10초 이내로 맥박과 호흡을 동시에 확인한다. 맥박이 없거나 호흡이 정상적이지

않으면 가슴압박과 인공호흡을 30:2의 비율로 반복 시행한다. 자동제세동기가 도착하면 2분마다 심장 리듬을 분석하면서 필요하면 제세동을 시행한다. 직접의료지도가 가능하면 의료지도에 따라 행동하고, 현장 심폐소생술을 6분간 시행한 다음에는 병원으로의 이송을 고려한다(그림 7).

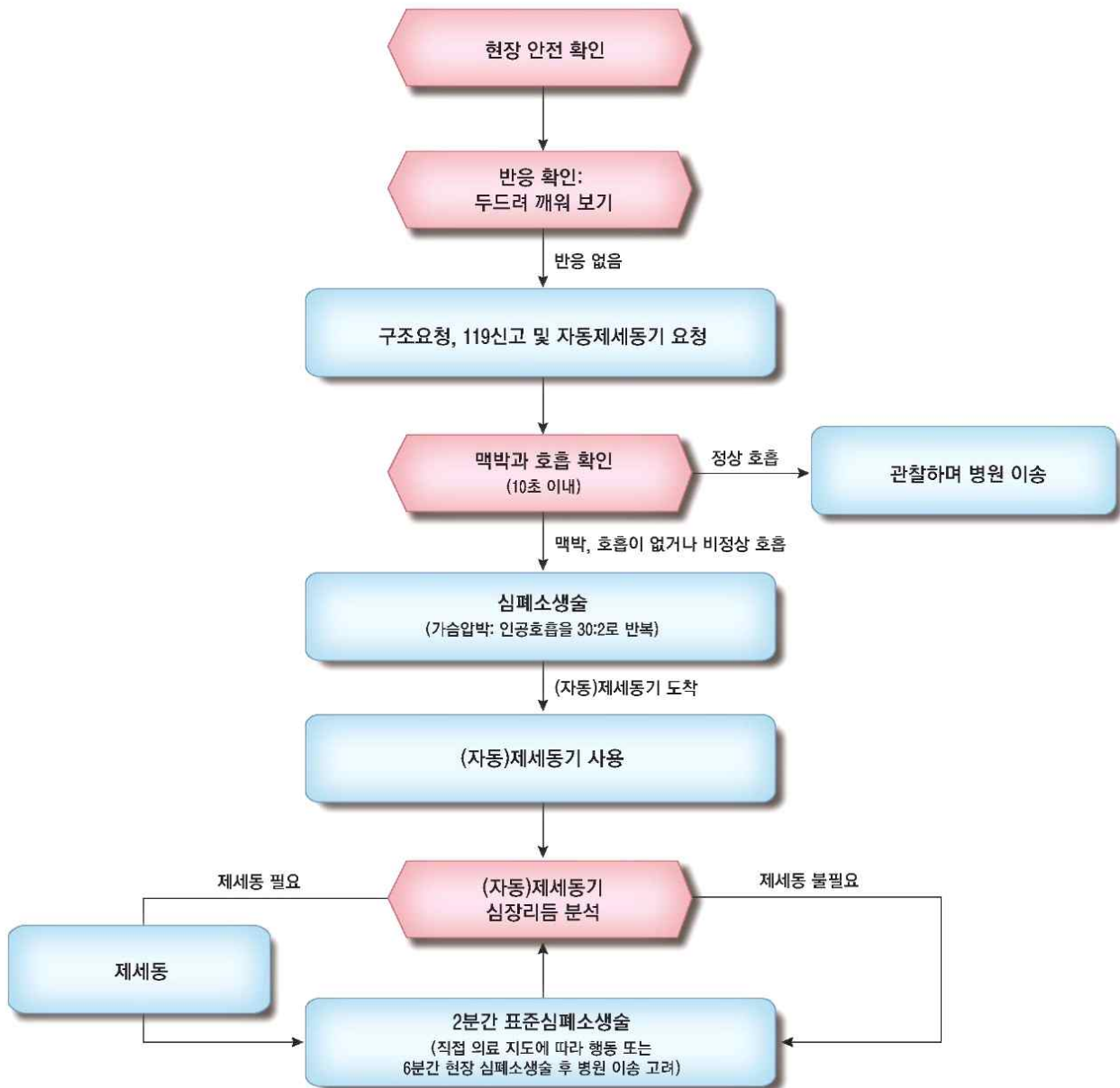


그림 7. 2020년 성인 병원밖 심장정지 기본소생술 순서(의료종사자용)

3) 병원내 심장정지 기본소생술 순서

병원 내에서 발생하는 심장정지는 비정상 활력 징후처럼 심장정지의 발생을 조기에 경고하는 징후를 사전에 인지함으로써 심장정지의 발생을 예방하는 것이 중요하다. 심장정지가 의심되면 반응을 확인하며, 반응이 없으면 응급코드를 발동하여 병원내 전문소생술 팀을 호출한다. 이후의 과정은 의료종사자 알고리즘과 같으며 심폐소생술은 전문소생술 팀이 도착할 때까지 시행한다(그림 8).

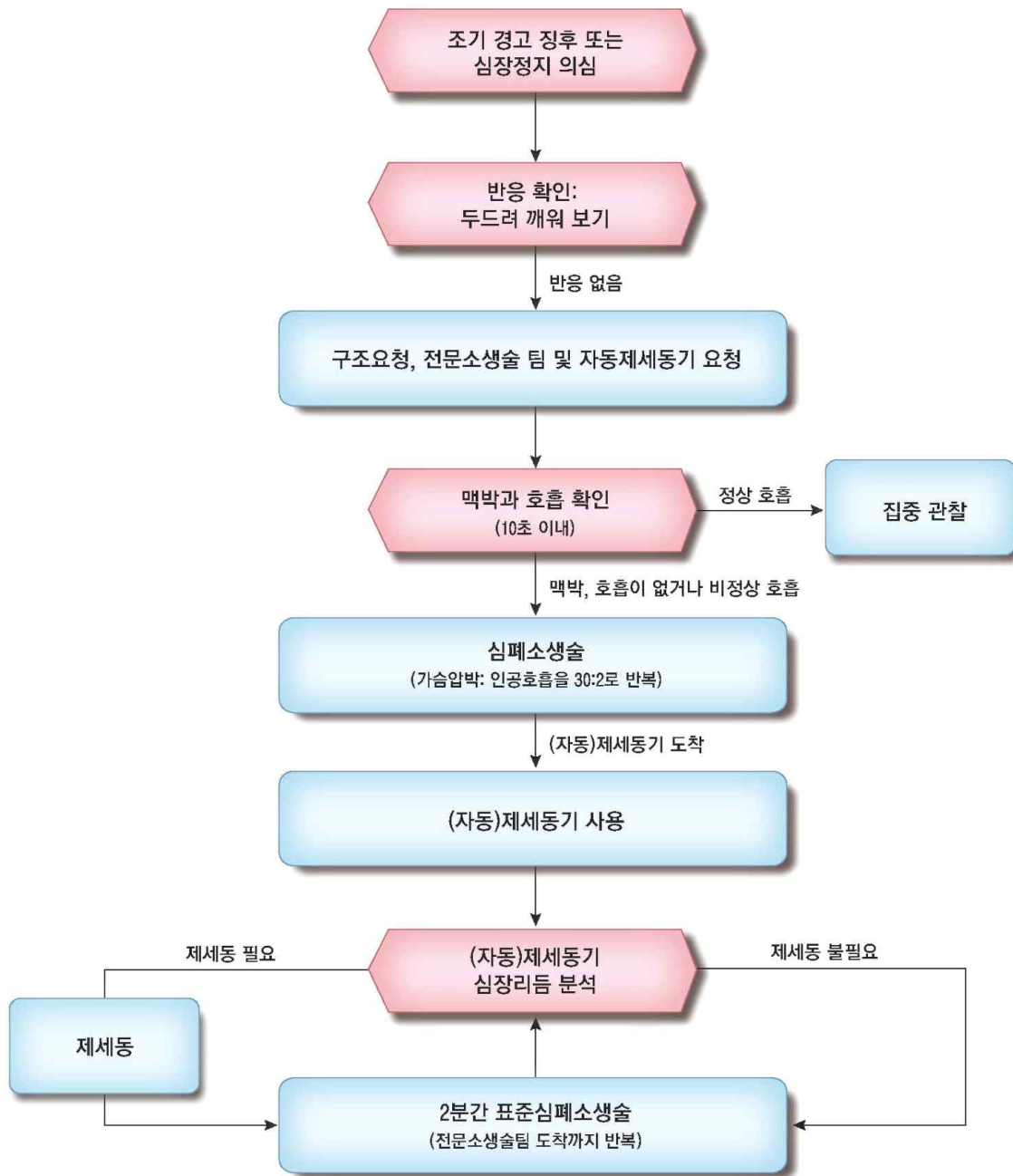


그림 8. 2020년 성인 병원내 심장정지 기본소생술 순서

II.

기본소생술



1. 현장 안전과 환자의 반응 확인

환자에게 접근하기 전에 구조자는 현장 상황이 안전한지, 감염의 가능성은 없는지를 우선 확인한다. 안전하다고 판단되면 환자에게 다가가 어깨를 가볍게 두드리며 “괜찮으세요?”라고 물어본다(그림 9). 의식이 있다면 환자는 대답하거나 움직이거나 신음을 내는 것과 같은 반응을 나타낸다. 확인하는 동안에 쓰러져 있는 환자의 머리나 목의 외상이 의심되면 손상이 더 악화하지 않도록 불필요한 움직임을 최소화한다. 이때 환자의 반응이 없으면 119에 신고한다. 반응이 있고 진료가 필요한 상태이면 119에 연락을 한 다음 환자의 상태를 자주 확인하면서 구급상황(상담)요원의 지시를 따른다⁴⁻⁶.



그림 9. 반응의 확인

2. 응급의료체계 신고

반응이 없는 사람을 발견했다면, 쓰러진 사람이 심장정지 상태라고 판단하고 즉시 119에 신고(혹은 원내 심장정지 코드 방송)하고 자동제세동기를 요청한다(그림 10). 심장정지 환자를 목격한 경우에는 주변에 큰 소리로 구조를 요청하고 다른 사람에게 119에 신고하도록 도움을 요청한다. 주변에 아무도 없는 경우에는 직접 119에 신고한다.

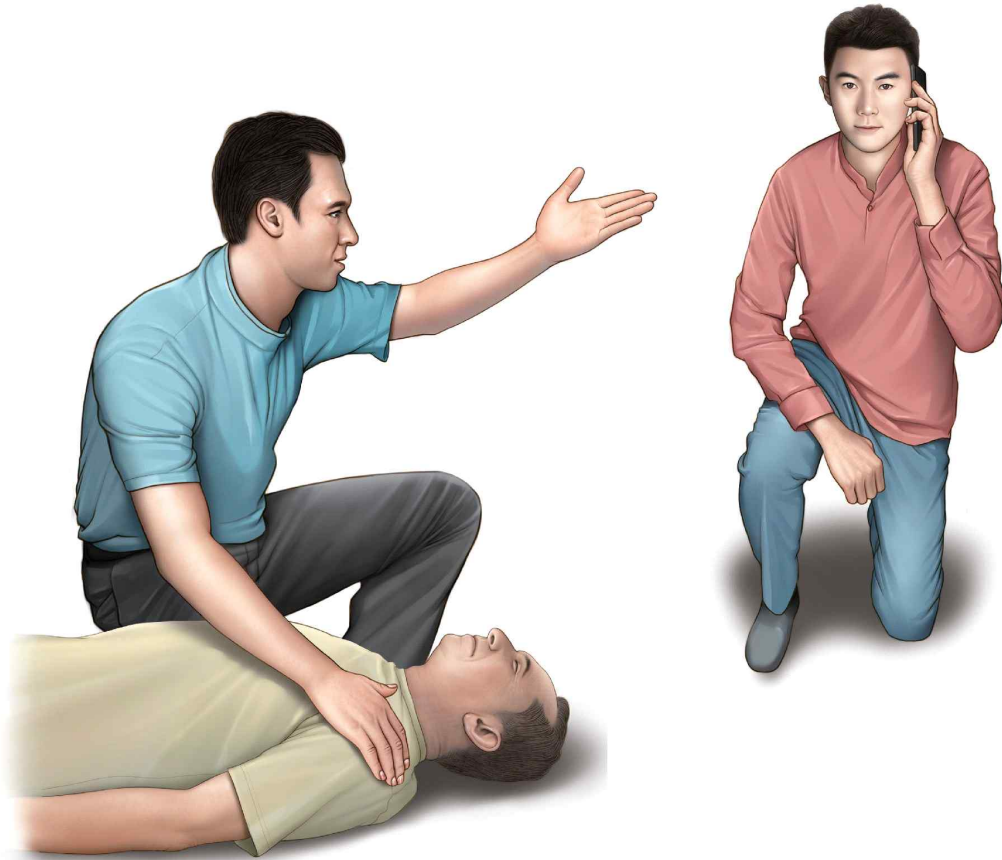


그림 10. 119 신고

일반인은 호흡 상태를 정확히 평가하기 어렵다. 일반인이 구급상황(상담)요원의 도움을 받아 호흡 반응을 확인할 때는 숨을 쉬고 있는지 호흡이 정상인지 비정상적인 호흡(심장정지 호흡: gasping)인지 함께 확인한다.⁷⁻⁹ 따라서 구급상황(상담)요원은 심장정지가 의심되는 상황을 신고하는 목격자에게 적절한 질문을 하여 반응의 여부와 비정상적인 호흡 상태를 파악할 수 있어야 한다.¹⁰ 심장정지가 의심되는 경우에는 목격자가 즉시 심폐소생술을 할 수 있도록 도와주어야 한다.¹¹ 심장정지 환자 중 일부에서는 발작이 관찰될 수 있으므로 구급상황(상담)요원은 심장정지 환자에게 발생하는 비정상 호흡과 간대성 근경련을 확실히 파악해야 하며, 목격자에게 이해하기 쉽게 설명해야 한다.¹²

1) 나이와 관계없이 전화 우선(call first)

성인에게 발생하는 비외상성 심장정지의 주요 원인은 심실세동이며, 심실세동의 가장 효과적인 치료는 제세동이다. 반면, 영아와 소아의 경우 기도나 환기의 문제로 인한 일차성 호흡 정지가 심장정지의 가장 흔한 원인이다. 따라서 심장정지가 의심되는 성인을 발견한 목격자는 119에 전화 연락을 먼저 하여 자동제세동기가 현장에 일찍 도착할 수 있도록 한다(전화 우선). 일부 국가에서는 소아 심장정지의 목격자가 2분간 심폐소생술을 먼저 한 다음 응급의료체계에 신고하도록 권장하기도 한다(심폐소생술 우선). 하지만 일반인에게 “전화 우선”, “심폐소생술 우선”의 개념을 교육하는 것은 매우 어렵다. 또한, 심장정지가 발생한 현장에서는 심장정지의 원인이 심장성인지 호흡성인지를 알기 어렵다. 그뿐만 아니라 2분간 심폐소생술을 시행한 후 신고한다면 병원에 도착하기까지 시간이 지연될 수 있다. 더구나, 우리나라는 휴대전화 보급률이 높으므로 현장에서 즉시 신고가 가능하다. 따라서 심장정지 환자의 나이와 관계없이 목격자는 119에 전화 신고를 먼저 한 후에 심폐소생술을 시작하는 ‘전화 우선’을 하도록 권장한다.

2) 119 신고

119에 신고할 때에는 환자 발생 장소, 발생 상황, 발생한 환자 수와 환자의 상태 그리고 하고 있던 응급처치에 대하여 설명해야 한다.¹³ 만약에 신고자가 심폐소생술을 전혀 배우지 않았거나 하는 방법을 잊은 경우라면 구급상황(상담)요원의 지시에 따라야 한다. 구급상황(상담)요원이 전화로 알려주는 사항을 효율적으로 시행하기 위해서는 스피커 통화를 시행하는 것이 바람직하다. 구조자가 혼자이면서 휴대전화를 가지고 있는 경우, 구조자는 휴대전화의 스피커를 켜거나 핸즈프리 기능을 활성화한 후 즉시 심폐소생술을 시작하고 필요하면 구급상황(상담)요원의 도움을 받는 것을 권장한다(그림 11).

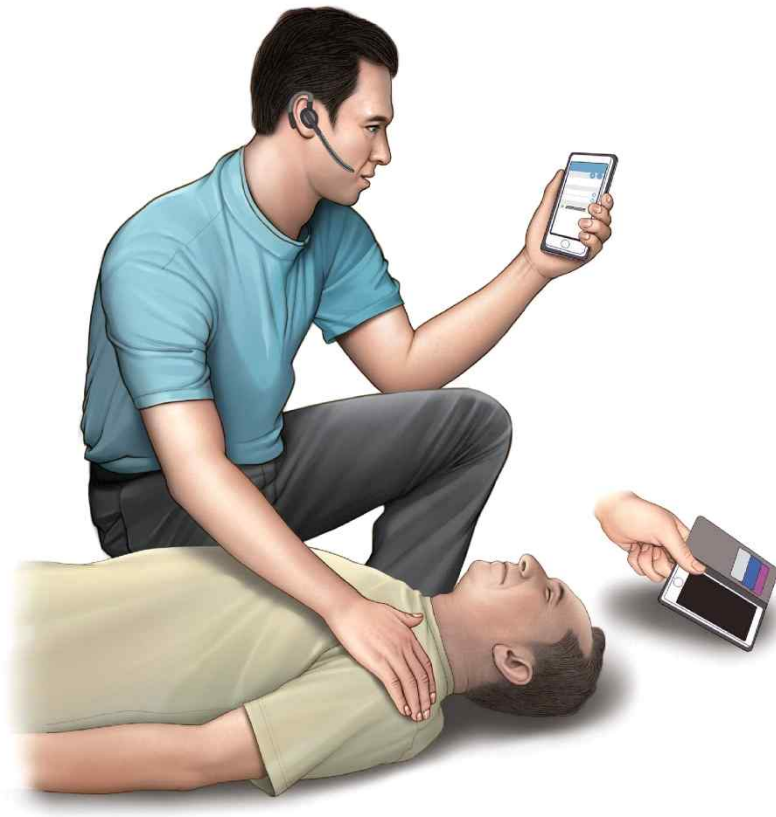


그림 11. 스피커폰 또는 핸즈프리 기능의 활성화

구급상황(상담)요원이 지시사항이 더 이상 없어서 끊으라고 할 때까지 통화 상태를 유지한다.

구급상황(상담)요원에게 알려주어야 할 내용은 다음과 같다.¹⁴

- ① 응급상황이 발생한 위치(가능하면 사무실 이름, 방의 호수, 도로나 거리 이름)
- ② 응급상황의 내용(심장발작, 자동차사고 등)
- ③ 도움이 필요한 환자의 수
- ④ 환자의 상태
- ⑤ 환자에게 시행한 응급처치 내용(심폐소생술, 자동제세동기 사용 등)
- ⑥ 다른 질문이 없는지 확인한다.

3) 구급상황(상담)요원의 심폐소생술 지도

구급상황(상담)요원은 심장정지 환자의 초기 응급처치에 절대적으로 필요한 구성원으로서, 환자와 신고자 사이를 연결하는 역할을 한다. 구급상황(상담)요원이 응급 호출을 받았을 때 환자가 심장정지 상태인지를 신속하게 판단하기 위해 표준화된 알고리즘과 기준을 적용할 것을 권고한다. 구급상황(상담)요원이 신고자에게 확인해야 할 사항은 반응 유무와 호흡의 정상 여부이다.¹⁰ 구급상황(상담)요원은 환자가 의식이 없으면서 호흡이 없거나 비정상 호흡일 때 심장정지 상태라고 판단하기를 권고한다. 구급상황(상담)요원은 심장정지 상태라고 판단되면 표준화되고 의학적으로 승인된 ‘전화 도움 심폐소생술’의 시행을 지도할 것을 권고하며, 이를 통해 현장의 일반인이 응급의료종사자가 도착하기 전까지 심폐소생술을 시행할 수 있도록 도와주어야 한다(그림 12).

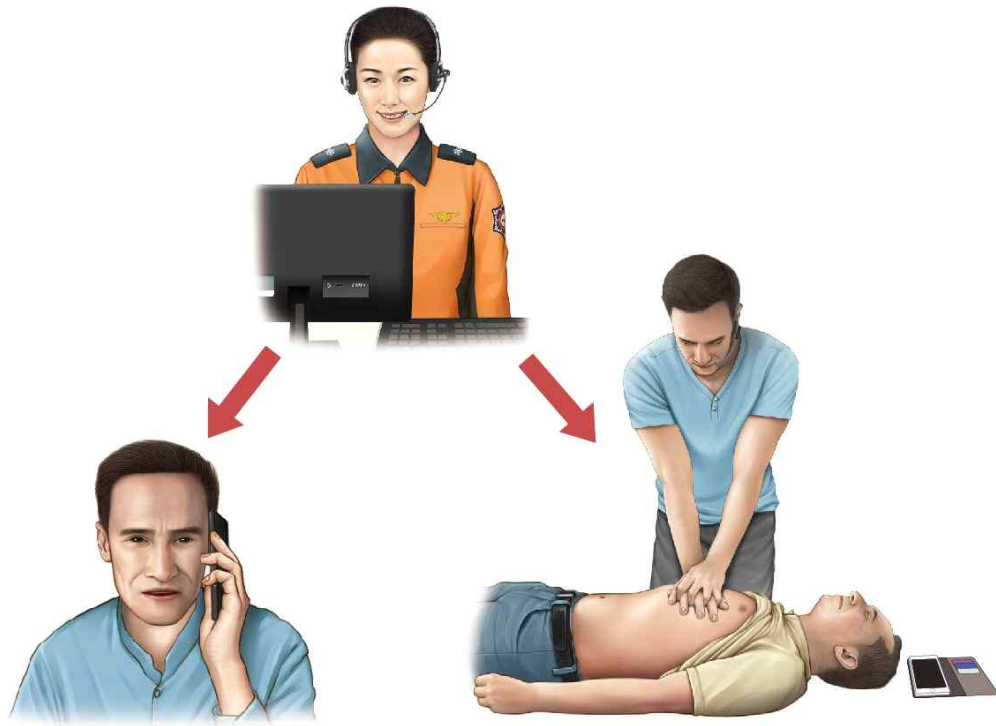


그림 12. 구급상황(상담)요원 지시에 의한 심폐소생술

‘전화 도움 심폐소생술’은 일반인 목격자의 심폐소생술 시행률을 높이고 결과적으로 심장정지 환자의 생존율을 증가시킨다.^{6,15} 따라서 구급상황(상담)요원은 ‘전화 도움 심폐소생술’의 중요성을 이해하고, 지도하는 방법에 대해 교육을 받아야 한다. 교육 내용에는 비정상 호흡을 알아내는 방법, 심장정지 호흡이 심장정지를 의미한다는 것, 경련 발작이 심장정지의 첫 증상일 수 있다는 것, 그리고 가슴압박소생술을 지도하는 방법 등을 포함하기를 권고한다.^{7,12}

구급상황(상담)요원이 심장정지임을 판단하면 일반인 신고자에게는 가슴압박만 하는 가슴압박소생술을 시행하도록 지도할 것을 제안한다.¹⁶ 구급상황(상담)요원은 신고자가 스스로 전화를 끊지 않게 해야만 응급상황에 대해 더 많은 정보를 얻어낼 수 있으며, 적절한 응급처치를 조언할 수 있다.

응급의료체계의 책임자는 신고 시간부터 신고자에 의한 심폐소생술 시작까지의 시간을 단축해야 하며, ‘전화 지도 심폐소생술’의 지도 결과에 대한 적절성과 심장정지 환자의 생존퇴원율을 평가하여 반영함으로써 병원밖 심장정지 환자의 생존율을 높이고자 노력하여야 한다.^{10,17} 성공적인 ‘전화 지도 심폐소생술’을 운영하려면 병원 전 단계 응급의료체계 질 향상 과정의 일부인 심장정지 환자의 신고 내용에 대한 오디오 고찰을 포함하여 질 관리 과정을 진행하여야 한다.^{7,18}

3. 호흡과 맥박 확인

1) 호흡 확인

호흡은 119 신고 후 확인한다. 심장정지 환자의 반응을 확인하면서 호흡을 확인하는 것이 아니라 반응 확인 및 119 신고를 먼저 한 이후에 환자의 호흡을 확인해야 한다. 호흡 확인 과정은 매우 어려우며, 특히 심장정지 호흡이 있는 경우 심장정지 상황에 대한 인지가 늦어져 가슴압박의 시작이 지연될 수 있어 주의해야 한다.¹⁹

일반인은 반응을 확인한 후 반응이 없으면 119에 신고하고 자동제세동기를 요청한 후 구급상황(상담)요원의 안내에 따라 호흡의 여부 및 비정상 여부를 판별해야 하며 호흡이 없거나 비정상이라고 판단되면 즉시 가슴압박을 시작한다.⁴⁻⁶ 의료종사자는 반응을 확인하고 반응이 없으면 119에 신고하고 자동제세동기를 요청한 후 맥박과 호흡의 여부 및 비정상 여부를 동시에 10초 이내에 판별해야 한다. 반응이 없고 정상 호흡이 아니라고 판단되면 심장정지 상황으로 인식해서 심폐소생술을 시행한다.

비정상 호흡 중 판단이 필요한 중요한 호흡이 심장정지 호흡이다. 심장정지 호흡은 심장정지 발생 초기의 40%~60% 정도의 환자에게서 나타날 수 있다. 심장정지 호흡은 환기 효과는 없으면서 느리고 불규칙하게 혈떡거리는 양상이 특징이다. 일반적으로 비정상, 코골이, 혈떡임, 간신히 혹은 가끔 호흡함,

신음, 힘들어 보이는 호흡 등으로 표현된다. 일반인 구조자가 심장정지 상태가 아니라고 오판하는 이유가 될 수 있다.^{8,9,20-22}

심장정지 호흡을 심장정지의 징후라고 인식하는 것이 신속한 심폐소생술을 진행하고 소생 성공률을 높이는 데에 매우 중요하다. 반응이 없으나 정상의 호흡을 보일 때는 회복 자세를 취해 입안의 이물이 흡인되는 것을 예방한다.¹⁹

2) 맥박 확인

여러 연구에서 심장정지 의심환자의 맥박 확인 과정은 일반인뿐 아니라 의료종사자에게도 어렵고 부정확한 것으로 알려졌다. 의료인도 심장정지를 확인하고자 맥박을 확인하는 데에 너무 많은 시간을 소모하고 맥박의 유무를 결정하는 데에 어려움을 겪는 것으로 나타났다.²³⁻²⁵

따라서 심장정지가 의심되는 경우, 즉 반응이 없는 환자가 정상적인 호흡을 보이지 않으면, 일반인들은 맥박 확인을 하지 않고 바로 가슴압박을 하도록 권고한다. 의료종사자는 맥박을 확인해야 하며, 성인 심장정지 환자의 목동맥을 확인하는 데에 걸리는 시간이 10초가 넘지 않도록 하여야 한다.¹⁹ 목동맥과 대퇴동맥을 동시에 확인할 수도 있다.

4. 가슴압박

심폐소생술의 시작은 인공호흡보다는 가슴압박을 먼저 시작하기를 권고한다.²⁶ 효과적인 가슴압박은 심폐소생술 동안 심장과 뇌로 충분한 혈류를 전달하기 위한 필수적 요소이다. 가슴압박으로 혈류를 효과적으로 유발하려면, 가슴의 중앙에 있는 복장뼈(흉골)를 이등분하였을 때 아래쪽 하부의 중간 부위를 강하게 규칙적으로, 그리고 빠르게 압박해야 한다. 즉, 가슴압박을 할 때 손의 위치는 ‘복장뼈의 아래쪽 1/2’ 부위이다.^{27,28} 성인 심장정지의 경우 압박 깊이는 약 5cm, 가슴압박의 속도는 분당 100회~120회

를 유지한다.

또한, 가슴압박 이후 다음 가슴압박을 위한 혈류가 심장으로 충분히 채워지도록 각각의 가슴압박 이후 가슴의 이완을 최대한으로 할 것을 제안한다.^{29,30} 가슴압박이 최대한으로 이루어지기 위해 가슴압박이 중단되는 기간과 빈도를 최소한으로 줄여야 한다. 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 할 때 가슴압박과 인공호흡의 비율은 30:2로 시행하는 것을 제안한다(그림 13).^{31,32} 심폐소생술 시작 1.5~3분 사이부터 가슴압박의 깊이가 약아지므로 2분마다 가슴압박을 교대해 주는 것이 구조자의 피로도를 줄이고 고품질의 심폐소생술을 제공하는 데에 도움이 될 수 있다.¹⁹

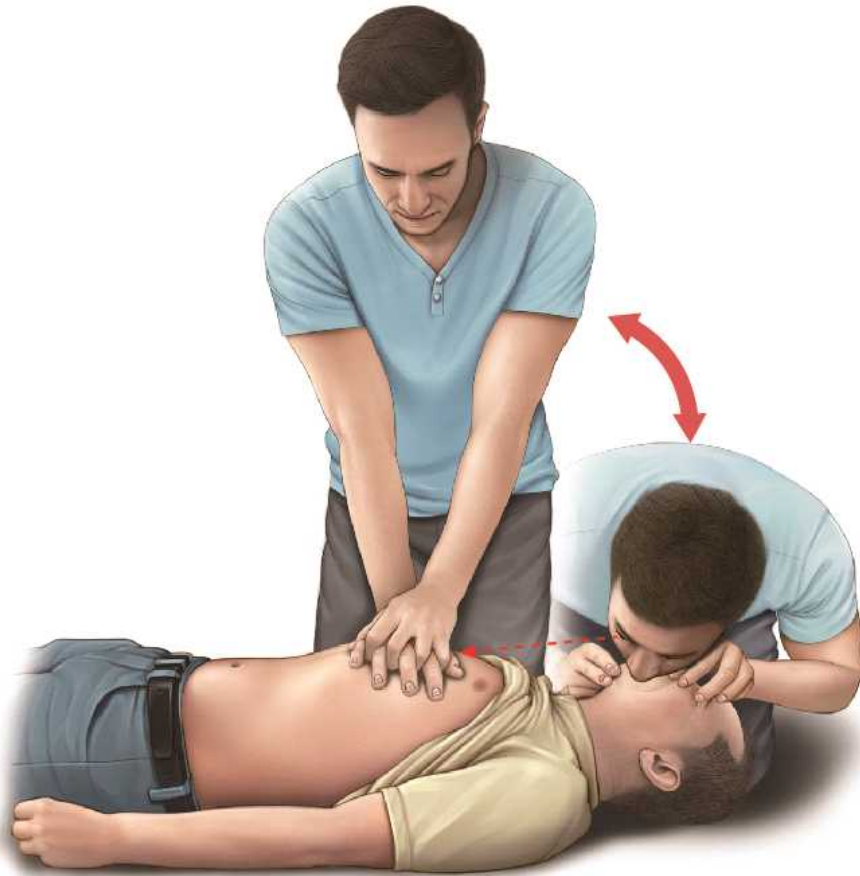


그림 13. 가슴압박과 인공호흡의 비율

* 가슴압박:인공호흡의 비율을 30:2로 유지한다.

심폐소생술 교육을 받은 적이 없거나, 받았더라도 자신이 없는 경우, 혹은 인공호흡에 대해 거부감을 가진 경우에는 심폐소생술을 시도조차 하지 않는 경우가 많다. 그러나 인공호흡을 하지 않고 가슴압박만 하더라도 아무것도 하지 않을 때보다 심장정지 환자의 생존율을 높일 수 있다. 2011년 가이드라인부터 심폐소생술 교육을 받은 적이 없거나 심폐소생술에 자신이 없는 일반인은 ‘가슴압박소생술 (compression-only CPR)’을 하도록 권장하였다. 2015년 가이드라인에서는 일반인은 가슴압박소생술을 시행하도록 권고하고, 인공호흡을 할 수 있는 구조자는 인공호흡이 포함된 심폐소생술을 시행하도록 하였다. 119구급대원을 포함한 응급의료종사자는 가슴압박과 인공호흡을 함께 하는 심폐소생술을 한다.^{19,33-38} 한편 익수 혹은 약물중독으로 인한 질식성 심장정지(asphyxia arrest), 심장정지로부터 오랜 시간이 경과한 경우에는 가슴압박과 더불어 반드시 인공호흡을 시행해야 한다. 기관내삽관 등 전문기도기가 유지되고 있는 경우에는 한 명의 구조자는 분당 100회~120회의 속도로 가슴압박을 중단 없이 계속하고 다른 구조자는 백마스크로 6초에 한 번씩(분당 10회) 호흡을 보조한다.³⁹⁻⁴¹ 병원내 성인 심장정지 환자에게 기본소생술을 시행할 때는 기도삽관이나 성문상 기도기가 삽관된 경우, 가슴압박을 중단하지 않고 양압환기를 시행할 것을 고려할 수 있다.⁴² 심폐소생술 중 심장 리듬을 확인하기 위해 2분마다 가슴압박을 중단하는 것을 고려할 수 있다.

1) 가슴압박의 위치와 자세

가슴압박은 심장정지 환자의 가슴 정중앙(복장뼈의 아래쪽 1/2)에 한 손의 손바닥 뒤꿈치를 올려놓고 그 위에 다른 손을 올려서 겹친 뒤 각지를 긴 자세로 시행할 것을 제안한다(그림 14).



그림 14. 가슴압박

일부 연구에서 복장뼈의 아래쪽 1/3 부분을 압박할 경우 기존의 아래쪽 1/2 부분을 압박하는 것에 비해 수축기 동맥압, 호기말 이산화탄소 분압 등의 생리학적 지표가 호전된다고 보고한 바 있으나 또 다른 연구에서는 일치되지 않은 결과를 보고하였고, 양쪽 젖꼭지를 연결하는 가상의 선과 복장뼈가 만나는 부위보다 아래쪽의 복장뼈를 압박할 경우 칼돌기가 눌러 복강 내 장기 손상(예, 간 열상 또는 파열)을 초래할 가능성이 있는 것으로 확인되었다.^{27,43-45}

심폐소생술의 효과는 환자를 바로 누운 자세로 눕힌 뒤 구조자는 환자의 옆에서 무릎을 꿇은 자세로

시행할 때(환자가 침대에 누워있는 병원내에서는 침대 옆에서 선 자세로 시행) 극대화된다. 구조자는 손의 손가락을 펴거나 각지를 꺾서, 압박할 때 손가락 끝이 심장정지 환자의 가슴에 닿지 않도록 한다. 팔꿈치는 펴서 수직 방향으로 체중을 이용하여 압박한다(그림 15).

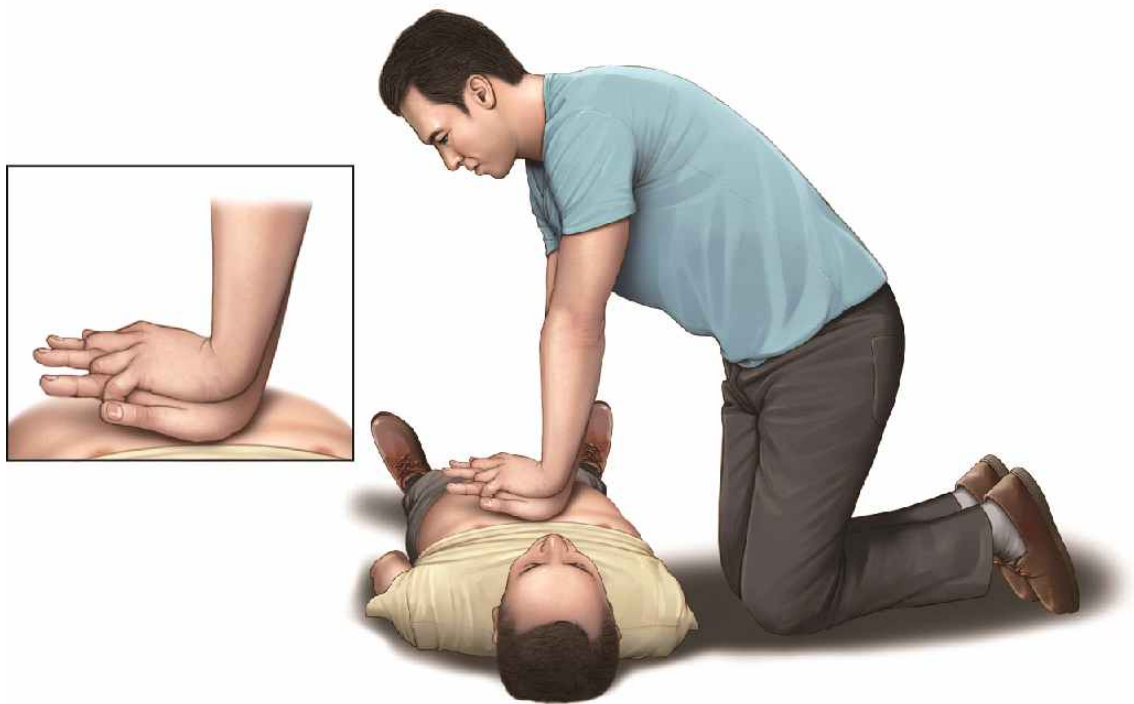


그림 15. 가슴압박 자세

2) 가슴압박 깊이

2020년 국제소생술 교류위원회에서 12,500명의 환자를 포함한 12개의 연구를 검토한 결과 기존 권고안을 수정할 새로운 근거를 찾지 못했다.⁴⁶ 다만, 몇몇 연구에서 가슴압박 깊이가 최소 5cm 이상일 때 4cm 미만일 때보다 심장정지 환자의 생존퇴원율과 제세동 성공률 등 치료 결과가 향상되는 것으로

확인되었다.⁴⁷⁻⁵⁰ 따라서 보통 체격의 성인 심장정지 환자에게 가슴압박의 깊이는 약 5cm로 시행할 것을 권고한다. 압박 깊이가 6cm를 넘을 때는 합병증의 발생 가능성이 높아진다. 그러나, 실제 심장정지 현장에서 일반인 또는 의료종사자가 시행한 심폐소생술의 40% 정도에서 가슴압박 깊이가 불충분한 것으로 알려져 있다. 충분한 깊이의 가슴압박이 시행되지 않을 때는 적절한 혈액학적 효과를 나타낼 수 없으므로 모든 구조자는 효과적으로 가슴압박을 시행할 수 있도록 충분히 연습해야 한다.

3) 가슴압박 속도

2020년 국제소생술 교류위원회에서 15,000명의 환자를 포함한 13개의 연구를 검토하였으나 연구들 사이에 일치되지 않는 결과를 확인했다.⁴⁶ 3개의 관찰 연구에서는 빠른 가슴압박 속도가 치료 결과를 향상시켰지만, 분당 100회와 분당 120회의 가슴압박 속도를 비교한 한 개의 무작위 대조군 연구에서는 차이가 없었다.⁵¹⁻⁵⁴ 또 다른 3개의 연구는 가슴압박 속도가 증가할수록 가슴압박 깊이가 감소한다고 보고하였으나, 단지 가슴압박 깊이만으로 심폐소생술의 품질을 평가한 결과이다.^{49,51,55} 이상을 종합할 때 기존 권고안인 분당 100~120회의 가슴압박 속도를 바꿀 수 있는 근거는 없었다. 따라서, 성인 심장정지 환자에게 가슴압박을 시행할 때 분당 100~120회의 속도로 할 것을 제안한다.

4) 가슴압박 후 이완

구조자는 심장정지 환자에게 가슴압박을 시행할 때 압박과 압박 사이 환자의 가슴에 기대는 것을 피함으로써 심장정지 환자의 가슴이 완전히 이완될 수 있도록 할 것을 제안한다. 이는 심장정지 환자의 가슴이 완전히 이완되지 못하면 흉강 내 압력이 증가하기 때문에 심장동맥관류압이 감소하는 것으로 알려져 있기 때문이다.^{29,56} 완전한 가슴 이완은 효과적인 심폐소생술에서 필수적인 부분이므로 심폐소생술을 교육할 때 그 중요성을 강조하여야 한다.

5) 압박 시간과 이완 시간의 비율(동작분율, duty cycle)

심폐소생술 동작분율은 가슴압박과 이완에 소요된 총 시간 대비 가슴압박에 소요된 시간의 비율로 정의된다. 과거 지침에서는 심폐소생술 훈련의 편의를 위해 가슴압박에 걸리는 시간과 가슴이완에 걸리는 시간의 비율이 같도록 50%의 동작분율을 유지할 것을 권고하였다. 그러나, 심실세동에 의한 병원밖 심장정지 환자를 대상으로 한 임상연구에서 평균 동작분율값이 39%로 측정되었으며, 소아 심폐소생술 중 평균 동작분율값 역시 40%로 보고되어 실제 심폐소생술 중 평균 동작분율값은 권고안의 50%보다 낮은 것으로 확인되었다.^{57,58} 동물실험에서는 동작분율이 50% 미만일 경우 더 높은 혈류량과 좋은 결과를 보였으나 최적의 동작분율값에 대해서는 아직 밝혀진 것이 없다. 따라서, 기존 권고안을 변경할 근거가 없으므로 심장정지 환자에게 가슴압박을 시행할 때 가슴압박과 이완에 걸리는 시간을 같게 할 것을 제안한다.

6) 가슴압박 중단 최소화

의료인은 심폐소생술 중 심장 리듬을 확인할 때 맥박 확인 시간이 10초를 넘지 않도록 최소화해야 하며, 맥박이 있는지에 대해 확신하지 못하면 즉시 가슴압박을 시작할 것을 권고한다. 제세동이 가능한 리듬을 가진 심장정지 환자의 경우 전체 심폐소생술 시간 중 가슴압박에 걸리는 시간의 비율인 가슴압박 분율(fraction)이 증가하면 치료 결과가 향상되며, 제세동 전후 가슴압박 중단시간이 짧을수록 자발순환회복률이 높은 것으로 보고되었다.^{48,59-62} 특히 가슴압박 분율이 최소 60% 이상일 때 생존회원율이 향상되는 것으로 확인되었으나, 두 연구에서는 높은 가슴압박 분율이 오히려 생존율을 감소시키는 상반된 결과를 보고하였다.^{55,59,60,63,64} 또한, 두 개의 무작위 대조군 연구에서 제세동 후 심장 리듬 분석을 위해 심폐소생술을 중단할 경우 생존율 향상이 없었으며, 두 개의 관찰 연구에서 제세동 이후 즉시 가슴압박이 시작되지 않았을 때 자발순환회복이 감소하는 것으로 보고하였다.⁶⁵⁻⁶⁸ 따라서,

제세동 이후 즉시 가슴압박을 다시 시작할 것을 제안한다. 다만, 병원 내에서 동맥압 또는 호기말 이산화탄소 분압 등을 감시하면서 심폐소생술을 시행할 때 자발순환회복을 시사하는 생리학적 지표가 관찰되는 경우(동맥의 파형 또는 호기말 이산화탄소 분압의 급격한 상승), 심장 리듬 확인을 위하여 가슴압박을 잠시 멈출 수 있다.

7) 가슴압박의 교대

가슴압박을 시작한 뒤 90~120초가 지나면 가슴압박 깊이가 감소하기 시작한다.⁶⁹ 2분마다 가슴압박을 시행하는 구조자를 교대하면 가슴압박 품질을 적절하게 유지하면서 동시에 심장 리듬을 분석할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 두 명 이상의 구조자가 있으면 가슴압박의 품질이 저하되지 않도록 가슴압박을 시행하는 구조자를 매 2분마다(또는 가슴압박과 인공호흡을 30:2의 비율로 시행할 경우 5주기의 심폐소생술마다) 교대하면서 심장 리듬을 확인하도록 권고한다.

8) 바닥 상태

매트리스처럼 부드러운 표면에서 심폐소생술을 시행할 경우, 가슴과 바닥이 함께 눌리게 되므로 가슴압박의 깊이를 감소시킬 수 있다.⁷⁰ 구조자가 그것을 참작하여 압박 깊이를 더하여 효과적인 압박을 제공할 수는 있겠지만⁷¹⁻⁷⁷, 가능한 경우 단단한 표면에서 가슴압박을 수행하는 것이 좋다.⁷⁸ 침대의 매트리스에 단단함(stiffness)을 증가시키는 기능이 있으면 활성화하여 사용한다. 가슴압박 깊이를 개선하기 위해 환자를 침대에서 바닥으로 옮기지는 않도록 한다. 백 보드(backboard) 사용의 효과에 대해서는 아직 충분한 근거가 없지만, 병원내 심장정지 환자가 침대에 누워있는 경우 가능하면 매트리스와 환자의 등 사이에 백 보드를 끼워 넣고 가슴압박을 시행할 것을 권고한다.

9) 가슴압박에 의한 합병증

의식은 없으나 심장정지 상태는 아닌 환자에게 가슴압박을 시행하더라도 중대한 합병증을 초래할 가능성은 매우 낮다.⁴⁶ 가슴압박을 시행한 부위의 통증(8.7%), 골절(늑골 및 쇄골 등) (1.7%), 횡문근융해증(0.3%) 등이 초래될 수 있으며, 복강 내 장기손상은 보고되지 않았다.⁴⁶ 따라서, 심장정지가 아닌 사람에게 심폐소생술을 하더라도 손상을 입힐 위험성이 적으므로, 심장정지가 의심되는 사람을 목격한 경우 즉시 심폐소생술을 시작할 것을 권고한다.

10) 가슴압박소생술

심폐소생술 중 가슴압박만 시행하는 가슴압박소생술은 구조자가 심폐소생술 훈련을 받지 않은 일반인이거나 인공호흡을 제공할 의사가 없을 때 사용될 수 있다. 일반인 구조자를 대상으로 가슴압박소생술을 적극적으로 보급한 결과, 병원밖 심장정지 환자의 신경학적으로 양호한 예후를 가진 생존율이 향상되었으며 이와 같은 결과는 일반인 구조자의 심폐소생술 실시율이 증가하였기 때문으로 보고된 바 있다.⁷⁹

가슴압박소생술과 통상적인 심폐소생술(가슴압박과 인공호흡을 함께 하는 심폐소생술)의 효과를 비교하는 연구는 여러 차례 시행되었다. 몇몇 관찰 연구에서는 가슴압박과 인공호흡을 함께 제공하는 통상적인 심폐소생술이 가슴압박소생술보다 더 좋은 결과를 보인 반면,⁷⁹⁻⁸¹ 다른 연구들에서는 두 방법 간에 결과에 차이가 없었다.^{34,36,38,82-87} 그러나, 통상적인 심폐소생술의 잠재적인 이득을 고려할 때, 구조자가 적절한 교육을 받았을 경우 가슴압박과 인공호흡을 함께 시행할 수 있도록 격려해야 할 것이다. 특히 심장정지의 원인이 질식일 경우 가슴압박소생술을 장시간 시행하면 심폐소생술 시간이 연장됨에 따라 동맥 내 산소량이 감소하므로 통상적인 심폐소생술에 비해 효과가 떨어진다.⁸⁰ 따라서, 훈련을 받은 의료인 구조자는 심장정지의 원인에 따라 적절한 방법을 선택할 수 있어야 한다.

11) 기타 소생술

심장정지 상황에서는 기침 심폐소생술을 시행하지 않도록 한다. 다만, 예외적으로 심혈관조영술 시행 중일 때와 같이 병원 내에서 심전도와 혈압 등을 감시하는 도중에 심장정지가 임박한 경우, 환자의 의식이 명료하게 유지되는 상황에서 표준 심폐소생술 또는 제세동이 시행되기 전에 기침 심폐소생술을 고려해볼 수 있다. 심장정지 상황에서는 전흉부 가격이나 주먹조율을 시행하지 않도록 권고한다.

가슴압박 중에 허상 제거 알고리즘을 통한 심전도 리듬 분석을 일상적으로 사용하지 말 것을 제안한다. 그러나 이러한 허상 제거 알고리즘을 이용한 심전도 리듬 분석의 유용성에 관한 연구는 수행될 수도 있다.

5. 기도유지 및 인공호흡

2020년 심폐소생술 가이드라인은 2015년과 같이 인공호흡을 하기 전에 가슴압박을 먼저 시행할 것을 제안한다. 가슴압박을 우선하는 심폐소생술 순서는 가슴압박의 중요성을 강조하고 가슴압박을 신속히 시작하도록 하기 위한 것이다. 인공호흡 역시 심폐소생술에서 중요한 부분이다. 효율적인 기도유지와 인공호흡은 심장정지 환자의 생존에 필수적인 요소이다.

1) 기도유지 방법

(1) 일반인 구조자에 의한 기도유지

가슴압박과 인공호흡을 자신 있게 수행할 수 있도록 훈련된 구조자는 머리기울임-턱들어올리기(head tilt-chin lift) 방법을 사용하여 기도를 개방한다(그림 16). 이 방법은 한 손을 심장정지 환자의 이마에 대고 손바닥으로 압력을 가하여 환자의 머리가 뒤로 기울어지게 하면서, 다른 손의 손가락으로

아래턱의 뼈 부분을 머리 쪽으로 당겨 턱을 받쳐주어 머리를 뒤로 기울이는 것이다. 이때 턱 아래 부위의 연부조직을 깊게 누르면 오히려 기도를 막을 수 있으므로 주의한다. 기도가 열리면 환자의 입을 열어 입-입 호흡을 준비한다. 일반인 구조자에게는 교육 및 시행이 어려우므로 턱 밀어 올리기(jaw thrust)를 권장하지 않는다.



그림 16. 머리기울임-턱들어올리기 방법

(2) 의료종사자에 의한 기도유지

의료종사자는 머리나 목에 외상의 증거가 없는 심장정지 환자의 기도를 확보할 때, 머리기울임-턱들어올리기 방법으로 기도를 유지한다. 경추 손상이 의심되는 경우에는 머리를 신전시키지 않는 턱밀어올리기 방법을 사용하여 기도를 확보한다. 이 방법은 구조자가 심장정지 환자의 머리 쪽에서 두 손을 각각 환자 머리의 양옆에 두고, 팔꿈치는 바닥에 닿게 한다. 그리고 두 손으로

아래턱 모서리를 잡아 위로 들어 올린다. 입술이 닫히면 엄지손가락으로 아랫입술을 밀어 열리게 한다(그림 17). 기도 개방을 유지하고 적절하게 환기하는 것이 경추 손상의 보호보다 우선되기 때문에, 만약 이 방법이 기도 확보에 적절하지 못한 경우에는 머리기울임-턱들어올리기 방법을 사용한다. 척추 손상 위험이 의심되는 경우에는 척추 고정 장치를 적용하는 것보다 먼저 구조자의 손으로 척추 움직임을 제한하는 것을 고려한다. 척추 고정 장치는 기도유지를 방해할 수 있으나, 환자를 이송하는 과정에는 필요하다.

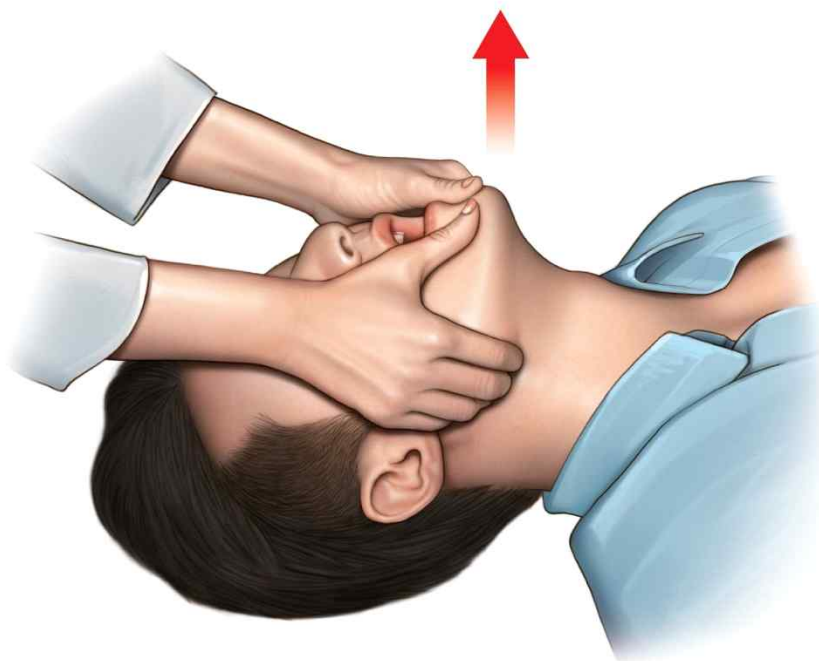


그림 17. 턱밀어올리기 방법

(3) 기도유지 보조도구 사용

기침 혹은 구역 반사(gag reflex) 위험이 없는 무의식 환자의 심폐소생술에서는 혀에 의한 기도폐쇄를 예방하고 효율적인 인공호흡을 위해 입인두기도기(oropharyngeal airway)나 코인두기도기

(nasopharyngeal airway) 같은 기도유지 보조도구(airway adjunct)를 사용할 수 있다. 그러나, 부적절한 위치에서는 오히려 기도폐쇄를 유발할 수 있어 주의해야 한다. 두개저 골절(basal skull fracture)이 의심되거나 심한 응고 병증이 있는 경우에는 입인두기도기의 사용이 좀 더 선호된다.

2) 인공호흡 방법

인공호흡에 대한 사항은 다음과 같다.

- ① 1초에 걸쳐 인공호흡을 한다.
- ② 가슴 상승이 눈으로 확인될 정도의 일 회 호흡량으로 호흡한다.
- ③ 2인 구조자 상황에서 전문기도기(기관 튜브, 후두 마스크 기도기 등)가 삽관된 경우에는 6초마다 1회의 인공호흡(10 회/분)을 시행한다.
- ④ 가슴압박 동안에 인공호흡이 동시에 이루어지지 않도록 주의한다.
- ⑤ 인공호흡을 과도하게 하여 과환기를 유발하지 않도록 주의한다.

정상인에게는 산소화와 이산화탄소 배출을 유지하기 위해 체중 1kg당 8~10mL의 일 회 호흡량이 필요하다.⁸⁸ 심폐소생술에 의한 심박출량은 정상의 약 1/4에서 1/3 정도이므로, 폐에서의 산소-이산화탄소 교환량이 감소한다.⁸⁹ 심폐소생술 중에는 정상적인 일 회 호흡량이나 호흡수보다 더 적은 환기를 하여도 효과적인 산소화와 이산화탄소의 교환을 유지할 수 있다.⁹⁰ 따라서 성인 심폐소생술 중에는 500~600mL (6~7 mL/kg)의 일 회 호흡량을 유지한다. 이 일 회 호흡량은 가슴 팽창이 눈으로 관찰될 때 생성되는 일 회 호흡량과 일치한다.

심폐소생술에서 인공호흡의 일차 목적은 적절한 산소화를 유지하는 것이며, 이차적 목적은 이산화탄소를 제거하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위한 최적의 흡입산소농도, 일 회 호흡량과 호흡수는 알

려지지 않았다. 갑작스러운 심실세동 심장정지가 발생한 직후 몇 분 동안, 인공호흡은 가슴압박보다 중요하지 않다. 심장정지가 갑자기 발생한 경우에는 심폐소생술이 시작되기 전 또는 심폐소생술 시작 후 수 분 동안은 동맥혈 내의 산소 함량이 유지되기 때문이다.⁹¹ 심장정지가 지속되거나 심장정지로부터 지나간 시간을 정확히 모르면 인공호흡과 가슴압박이 모두 중요하다. 또한, 익수 등 저산소혈증을 초래하는 질식성 심장정지 환자는 반드시 인공호흡을 시행해야 한다.

기도폐쇄 또는 폐유순도가 저하된 환자들은 가슴 상승을 확인할 수 있을 정도의 적절한 환기를 위해 높은 압력이 필요할 수 있다. 이러한 환자들에게 백마스크의 압력 완화 밸브(pressure-relief valve)를 사용하는 경우에는 충분한 일 회 호흡량이 전달되지 않을 수 있다. 기도폐쇄 또는 폐유순도가 저하된 환자에게 인공호흡을 할 때는 압력 완화 밸브를 대체하여 높은 압력을 사용할 수 있는지 백마스크 장비를 확인해야 하며, 필요하다면 가슴의 팽창을 눈으로 확인한다.

과도한 환기는 불필요하며, 위 팽창과 더불어 역류, 흡인 같은 합병증을 유발할 수 있다. 과도한 환기는 흉강 내압을 증가시키고 심장으로 정맥혈 귀환을 저하해 심박출량과 생존율을 감소시키므로 오히려 해가 된다. 따라서 심폐소생술 동안 심장정지 환자에게 과도한 인공호흡을 시행해서는 안 된다.

(1) 입-입 인공호흡

입-입 인공호흡을 하는 방법은, 먼저 환자의 기도를 개방하고, 환자의 코를 막은 다음 구조자의 입을 환자의 입에 밀착시킨다. 인공호흡은 ‘보통 호흡’을 1초 동안 환자에게 불어넣는 것이다. 보통 호흡이란 구조자가 숨을 깊이 들이쉬는 것이 아니라 평상시 호흡과 같은 양을 들이쉬는 것이다. ‘깊은 호흡’보다 ‘보통 호흡’을 하는 것은 환자의 폐가 과다팽창 되는 것을 방지하고, 구조자가 과호흡할 때 발생하는 어지러움이나 두통을 예방할 수 있기 때문이다. 인공호흡이 실패하는 가장 흔한 원인은 부적절한 기도 개방이므로, 첫 번째 인공호흡을 시도했을 때 환자의 가슴이 상승하지 않는다면 머리기울임-턱들어올리기

를 다시 정확하게 시행한 다음에 두 번째 인공호흡을 시행한다.

만약 자발순환이 있는 환자(예, 강한 맥박이 쉽게 만져지는 경우)에게 호흡 보조가 필요한 경우에는 5~6초마다 한 번씩 인공호흡을 시행하거나 분당 10~12회의 인공호흡을 시행한다.

(2) 입-보호 기구(barrier device) 인공호흡

구조자는 입-입 인공호흡을 직접 시행하기보다는 보호 기구 사용을 선호한다. 그러나 입-입 인공호흡을 통해 질병이 전염될 위험성은 매우 낮은 것으로 알려져 있으므로 보호 기구를 준비하려고 인공호흡을 지연시키면 안 된다.

(3) 입-코, 입-창(stoma, 스토마) 인공호흡

입-코 인공호흡은 환자의 입을 통해 인공호흡을 할 수 없거나 입을 열 수 없는 경우, 입과 입의 밀착이 어려운 경우나 환자가 물속에 있는 경우에 입-입 인공호흡 대신으로 권장한다.

환자가 기관절개 창(stoma)을 가지고 있는 경우에는 입-창 인공호흡을 시행하는데, 둥근 소아용 안면 마스크를 창 주변에 꼭 맞게 밀착시켜 사용할 수도 있다. 입-창 인공호흡의 안전성, 효과, 수행 가능성에 대한 과학적 근거는 아직 발표된 바 없으나, 후두 절제술을 받은 환자를 대상으로 한 연구에서 소아용 안면 마스크의 사용이 표준 환기 마스크보다 창 주위를 더 잘 밀폐시킬 수 있었음을 보여주었다.

(4) 백마스크 인공호흡

백마스크를 사용하여 인공호흡을 시행할 수 있다. 백마스크 인공호흡은 전문기도유지 없이 양압의 환기를 제공하므로 위 팽창과 이로 인한 합병증을 유발할 수 있다.

① 백마스크 기구

백마스크 기구는 다음의 기준을 만족해야 한다. 백마스크 기구는 재호흡을 막는 밸브, 교체될 수 있는 압력 완화 밸브, 표준 15mm 및 22mm 연결부위가 있고, 고농도의 산소공급이 가능하도록 산소 정류장치(reservoir)가 있어야 한다. 분당 30L의 산소 흐름에도 문제가 발생하지 않아야 하며, 일상적인 온도 뿐 아니라 극단적인 온도에서도 안전하게 기능할 수 있어야 한다. 마스크는 역류 여부를 관찰할 수 있도록 반드시 투명한 재질로 만들어져야 하며, 얼굴에 꼭 맞게 밀착될 수 있어야 하고, 입과 코 모두를 덮을 수 있어야 한다.

② 백마스크 인공호흡

백마스크 인공호흡을 능숙하게 시행하기 위해서는 상당한 연습이 필요하므로 혼자서 심폐소생술을 시행하는 경우에는 권장하지 않는다. 백마스크는 경험을 갖춘 2인 이상의 구조자가 사용할 때 가장 효과적이다. 한 구조자가 환자의 기도를 확보하고 얼굴에 마스크를 밀착시키는 동안 다른 구조자는 백을 눌러 인공호흡을 시행한다. 인공호흡을 시행할 때에는 가슴의 상승을 관찰한다.

구조자는 성인 환자에게 약 500~600mL의 일 회 호흡량을 성인용 백(1~2L)으로 제공한다. 만약 기도가 확보되어 있다면, 얼굴과 마스크 사이를 밀착시키고 1L 성인용 백을 2/3 정도 또는 2L 성인용 백을 1/3 정도 압박하면 적절한 일 회 호흡량을 제공할 수 있다. 전문기도가 확보되기 전까지는 30회 가슴압박과 2회 인공호흡을 반복하며, 인공호흡을 할 때는 가슴압박을 잠시 멈추고 인공호흡을 시행한다. 인공호흡은 1초 동안 시행하며, 가능하면 산소(산소농도 40% 이상, 최소 10~12 L/min)를 함께 투여한다.

(5) 전문기도기(advanced airway) 삽관 후의 인공호흡

전문기도기가 삽관된 후에는 30회의 가슴압박과 2회의 인공호흡의 주기를 더 유지할 필요가 없다. 가

슴압박을 중단하지 않고 분당 100회~120회의 속도로 가슴압박을 시행하며, 인공호흡은 6초마다 1회씩 (분당 10회 속도) 시행한다. 기관내삽관과 더불어 기관 속으로 관을 넣지 않고 후두에 위치시키는 성문상 기도기(supraglottic airway)가 전문기도유지 방법으로 사용되고 있다. 특히 후두 마스크 기도기(laryngeal mask airway, LMA), 식도-기관 콤비 튜브(esophageal-tracheal combitube), 후두 기도기(laryngeal airway)는 현재 여러 나라에서 소생술 장비로 사용되고 있다. 기도기를 삽관하고 기도기를 통하여 인공호흡을 시행하는 것은 충분한 훈련과 경험이 있는 응급의료종사자들에게만 허용된다. 아직 전문기도기의 사용이 심장정지 환자의 생존율을 높인다는 증거는 불충분하며, 어느 종류의 전문기도기가 더 우월한지는 입증되지 않았다.⁹²⁻⁹⁵ 따라서 모든 성인 심장정지에서 심폐소생술 동안에 초기 전문 기도기로서 성문상 기도기 또는 기관 튜브 중 어느 것이든 사용할 수 있다.

(6) 백마스크 대 전문기도기

전문기도기(기관 튜브, 후두 마스크 기도기, 후두 기도기, 콤비 튜브)를 삽입한 것이 백마스크를 이용한 기도관리에 비하여 낮은 생존율을 나타낸 여러 관찰 연구가 있었으나 근거 수준은 매우 낮다.⁹⁶ 따라서 의료종사자는 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 하는 동안 백마스크 또는 전문기도기 삽관 중 어느 방법을 선택해도 된다.

(7) 심폐소생술에서 수동적 산소 공급과 양압의 산소 공급

가슴압박소생술을 하면 가슴이 압박-이완되면서 수동적인 환기가 발생할 수 있으므로, 인공호흡을 하지 않더라도 산소마스크 또는 단순한 기도기를 사용하면 산소가 폐로 들어갈 수 있을 것이라는 주장이 있다. 목격된 심실세동이나 심실빈맥을 보인 환자를 대상으로 입인두기도기와 안면 마스크를 사용하여 수동적으로 고농도 산소를 투여한 경우가 백마스크 보조 호흡을 시행한 경우보다 생존율이 높았다는 보고가 있다.⁹⁷ 그러나 이 방법의 우수성을 증명한 추가 연구가 없으며, 해당 연구가 시행된 응급의료체계

의 환경은 우리나라의 의료환경과 다르다. 따라서 병원밖 단계에서 가슴압박소생술을 하는 동안 입인두 기도기를 삽입하고 마스크를 통해 산소를 수동적으로 공급하는 것을 제안하지 않는다. 가슴압박소생술을 시행하는 일반인을 위해 어떤 특수한 수동적 기도유지 또는 환기 방법을 사용하도록 권장할만한 근거는 불충분하다.

(8) 윤상연골 압박

윤상연골 압박은 심장정지 환자의 윤상연골을 압박하여 기관을 후방으로 밀어냄으로써 식도를 압박하는 술기이다. 이 방법은 위 팽창을 예방하고, 백마스크 인공호흡 동안의 역류나 흡인의 위험성을 감소시키는 것으로 알려져 왔다. 그러나 연구결과에 따르면 윤상연골 압박은 심폐소생술을 방해할 수 있으며, 시행하더라도 여전히 약간의 흡인이 발생할 수 있음이 알려졌다. 윤상연골 압박은 몇몇 특수 상황(예, 기관내삽관 시 성대를 관찰하기 쉽게 하기 위한 경우)에서 할 수도 있으나, 성인의 심폐소생술 과정에서 윤상연골 압박을 관례로 사용하는 것은 권장하지 않는다.

6. 현장 소생술 시간과 회복 자세

현장에서 심폐소생술을 언제까지 하는 것이 바람직한지에 대해서는 논란이 있다. 일반인 구조자의 경우 구급대가 도착할 때까지, 병원내 심장정지의 경우에는 원내 전문소생술 팀이 도착할 때까지 기본소생술을 시행하는 것을 권고한다. 응급의료종사자의 경우 현장에서 6분(3주기의 심폐소생술) 동안 소생술을 시행한 후에도 반응이 없으면 병원으로의 이송을 고려할 수 있다. 전문소생술이 가능한 경우 현장에서 10분 동안 소생술을 시행한 후에도 순환회복이 되지 않으면 이송을 고려하되, 직접의료지도 의사의 판단에 따라 연장을 고려할 수 있다.⁹⁸⁻¹⁰¹

환자가 반응은 없으나 정상적인 호흡과 효과적인 순환이 나타날 때는 회복 자세를 취해주는 것이 권장된다. 회복 자세는 혀나 구토물로 인해 기도가 막히는 것을 예방하고 흡인의 위험성을 줄이는 방법이다. 회복 자세를 취해주는 방법은 몸 앞쪽으로 한쪽 팔을 바닥에 대고 다른 쪽 팔과 다리를 구부린 채로 환자를 옆으로 돌려 눕힌다(그림 18). 이상적인 자세는 환자를 옆으로 눕혀 머리의 위치는 낮게 하고 호흡을 방해할 수 있는 압력이 가슴에 가해지지 않아야 한다. 건강한 자원자를 대상으로 한 연구에서 척수 손상이 있거나 의심되는 경우 한쪽 팔을 위로 펴고 머리를 팔에 댄 상태로 양다리를 함께 구부린 자세가 더욱 적합한 것으로 보고되었다.¹⁰²

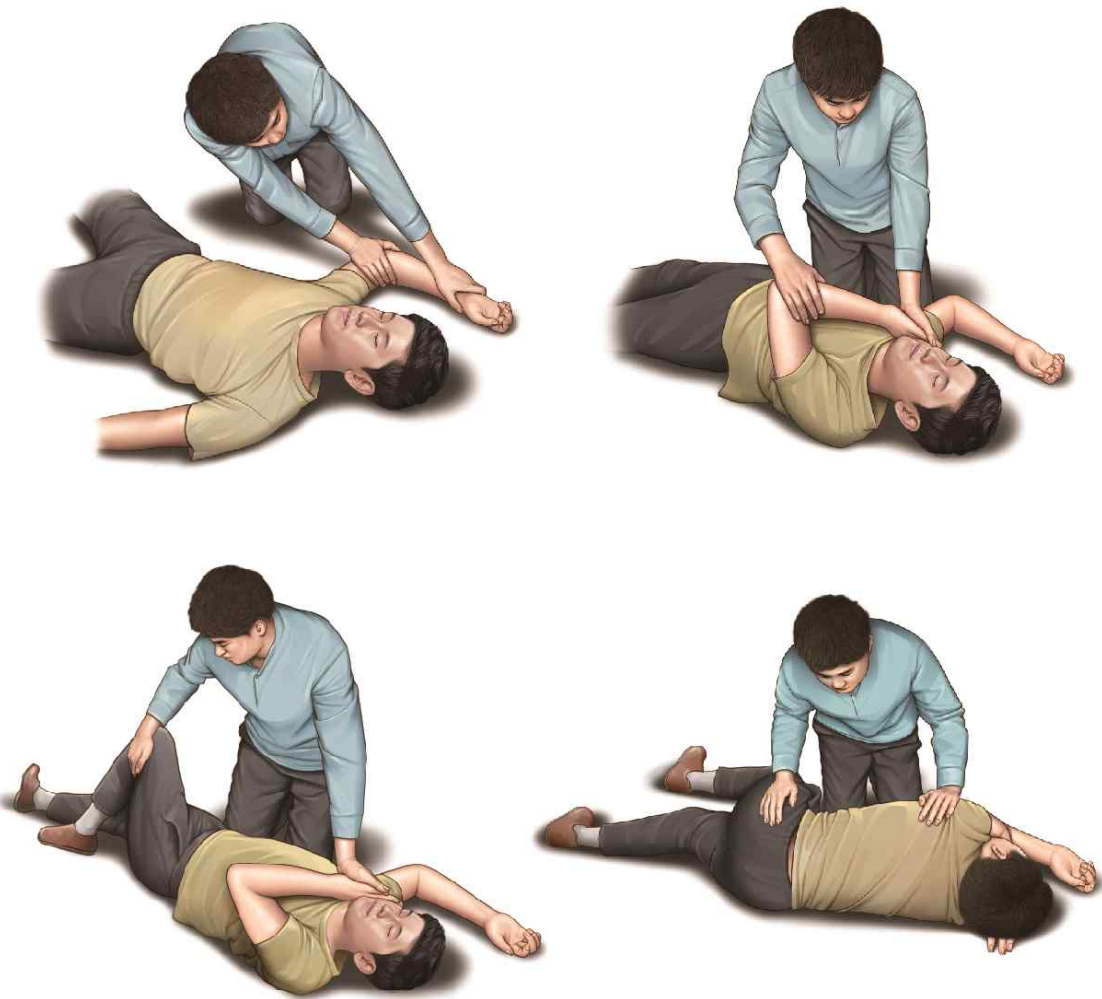


그림 18. 회복 자세

7. 자동제세동기

심장정지 환자에 대한 심폐소생술은 뇌 손상을 지연시킬 수 있는 약간의 시간을 확보할 수는 있지만 즉시 심장박동을 회복시키지는 못한다. 자발순환을 회복시키려면 심장정지 초기에 제세동 처치를 해야 한다. 제세동이 지연되면 심장정지 환자의 생존율은 5분에 50%, 7분에 30%, 9~11분에 10%, 12분에 2~5%로 감소하는 반면, 심장정지 발생 후 1분 이내에 제세동이 이루어졌을 때 생존율 90%까지 달성 가능하다고 보고되었다.¹⁴ 따라서 쓰러진 사람을 발견하였는데 반응이 없다고 판단되는 경우에는

심장정지 상황이라고 생각하여 즉시 119에 도움을 요청하고, 주변 사람에게 자동제세동기를 가져오게 하여 신속히 제세동 처치를 하고, 목격자는 즉시 심폐소생술을 시행해야 한다.

1) 자동제세동기

갑자기 발생한 심장정지 대부분은 심실세동에 의해 유발되며, 심실세동의 가장 중요한 치료는 전기적 제세동(electrical defibrillation)이다.^{103,104} 제세동 성공률은 심실세동 발생 직후부터 1분마다 7~10%씩 감소하므로, 제세동은 심장정지 현장에서 신속하게 시행되어야 한다.^{14,105} 자동제세동기(automated external defibrillator, AED)는 의료지식이 충분하지 않은 일반인이나 의료종사자들이 쉽게 사용할 수 있도록 환자의 심전도를 자동으로 분석하여 제세동이 필요한 심장정지를 구분해주며, 사용자가 제세동을 시행할 수 있도록 유도하는 장비이다. 의료종사자들이 사용하는 자동제세동기라는 용어가 일반인에게는 익숙하지 않기 때문에, 일반인들이 사용하는 상황에서는 자동제세동기와 자동심장충격기라는 용어를 같이 사용한다. 자동제세동기는 신속하게 사용할 수 있도록 많은 사람이 이용하는 공공장소에 설치해야 하며, 심장정지 환자를 발견한 사람은 누구라도 바로 자동제세동기를 사용해야 한다. 우리나라에서는 공공보건의료기관, 구급차, 항공기, 철도차량, 20톤 이상인 선박, 500세대 이상의 공동주택, 다중이용시설에는 자동제세동기를 설치할 것을 법(응급의료에 관한 법률 제47조2, 응급의료에 관한 시행령 제26조의2, 2014. 7. 7. 개정)으로 규정하고 있다. 이 법에서의 다중이용시설은 철도역사, 여객자동차 또는 항만터미널, 5천 석 이상의 종합운동장, 중앙행정기관 또는 시도의 청사 등을 말한다.

2) 일반인 제세동(public access defibrillation, PAD) 프로그램

병원밖 심장정지 환자의 생존율을 증가시키기 위해 많은 사람이 이용하는 공공장소에 자동제세동기를 설치하고, 일반인에게 자동제세동기 사용방법을 교육하는 일반인 제세동(public access defibrillation,

PAD) 프로그램이 세계적으로 시행되고 있다.¹⁰⁶⁻¹⁰⁹ 일반인 제세동 프로그램의 목적은 심장정지 발생 위험이 큰 장소에 자동제세동기와 훈련된 일반인을 미리 배치하여 심장정지 환자에게 목격자 심폐소생술과 제세동 처치가 신속하게 시행되도록 함으로써 궁극적으로 병원밖 심장정지 환자의 생존율을 증가시키는 것이다.^{110,111} 실제로 2020년 국제소생술 교류위원회에서 검토한 1개의 무작위 연구와 30여 개의 관찰 연구에서 일반인 제세동 프로그램은 제세동까지의 시간을 단축하여 병원밖 심장정지 환자의 생존율과 신경학적 예후를 향상시키는 것으로 보고되었다.¹¹¹⁻¹⁴³ 이에 우리나라에서도 병원밖 심장정지 환자의 생존율 향상을 위해 일반인 제세동 프로그램을 시행할 것을 권고한다.

3) 성공적인 일반인 제세동 프로그램의 조건

일반인 제세동 프로그램이 성공하려면, 우선 자동제세동기를 심장정지 발생 위험이 큰 장소에 설치해야 한다. 실제로 병원밖 심장정지는 과거에 심장정지 환자가 발생한 장소에서 다시 발생할 가능성이 큰 것으로 알려져 있다.¹⁰⁶ 이에 따라 일부 일반인 제세동 프로그램은 2년 이내에 한 번 이상 병원밖 심장정지 환자가 발생한 장소를 대상으로 시행되었다.^{111,112} 2015년 유럽소생위원회에서는 5년 이내에 한 번 이상 병원밖 심장정지 환자가 발생한 장소에 자동제세동기를 설치할 것을 권고하고 있다.¹⁴⁴ 그러나 아직 심장정지 발생 위험이 큰 장소에 대한 명확한 기준이 없는 실정으로 향후 적절한 자동제세동기의 설치 수 및 효과적인 자동제세동기 배치 전략 등에 관한 지속적인 연구가 필요하다.

일반인 제세동 프로그램의 효과에도 불구하고 실제 심장정지 상황에서 일반인 목격자가 자동제세동기를 사용하는 비율은 매우 낮은 것으로 보고되고 있다.^{145,146} 자동제세동기의 활용률을 높이기 위해서는 자동제세동기를 적절한 장소에 배치하고, 심장정지를 목격한 구조자가 주변에 비치된 자동제세동기를 쉽게 찾아서 사용할 수 있어야 한다. 이를 위해 일부 국가에서는 자동제세동기를 등록하여 관리함으로써 자동제세동기의 위치 정보를 인터넷이나 지리정보 시스템을 활용하여 일반인 구조자에게 제공하고

있다.^{147,148} 우리나라에서도 자동제세동기를 체계적으로 등록하여 관리하고 있으며, 응급의료정보제공 홈페이지(<http://www.e-gen.or.kr>) 및 스마트폰 앱을 통해 주변에 배치된 자동제세동기를 검색하고 이를 가져올 수 있는 지리정보(길 찾기 서비스)를 얻을 수 있다(그림 19). 최근에는 구급상황(상담)요원이 신고자에게 심장정지 현장 주변에 배치된 자동제세동기의 위치를 확인하여 안내하거나 휴대전화 앱이나 문자메시지 시스템을 활용하여 자동제세동기의 위치를 안내하는 등의 연구가 진행되고 있다. 실제로 네덜란드에서 시행한 한 연구에서는 신고를 받은 구급상황(상담)요원이 심장정지 환자 인근에 있는 다수의 일반인 구조자에게 심장정지 발생 위치와 주변에 배치된 자동제세동기의 위치를 문자메시지로 안내함으로써 제세동 처치 시간을 단축하였음을 보고하였다.¹⁴⁹ 이처럼 일반인 제세동 프로그램이 성공하기 위해서는 심장정지 발생 위험이 큰 장소에 자동제세동기를 적절히 배치하고, 심장정지 현장에 훈련된 구조자와 자동제세동기가 신속하게 도착하여 응급처치를 시행할 수 있도록 초기 대응 계획을 수립해야 하며, 이를 위해 반복적인 교육 및 훈련을 시행해야 한다.¹⁰⁷ 또한, 자동제세동기는 언제라도 사용할 수 있도록 사용 가능 여부, 작동 상태, 배터리 성능, 패드의 상태와 유효기간 등을 항상 점검해야 한다.¹⁰⁷



그림 19. 자동제세동기 정보 검색 서비스

4) 자동제세동기의 종류

자동제세동기는 구조자에게 제세동을 유도하는 방법에 따라 다음의 두 가지 형태로 구분된다. 완전 자동제세동기(fully automated)는 전원을 켜 후 환자의 가슴에 패드를 부착하면 제세동기 스스로 환자의 심전도를 분석하고, 에너지를 충전하여 구조자에게 알린 뒤에 제세동을 자동으로 시행한다. 반면에 반자동 제세동기(semi-automated)는 심전도를 분석하여 제세동이 필요한 경우에 구조자가 제세동 시행 버

튼을 누르도록 음성 또는 화면으로 지시한다. 일반인을 대상으로 한 자동제세동기 교육 및 홍보가 부족한 우리나라에서는 현재 반자동 제세동기가 주로 보급되고 있다.

예전에는 두 개의 패드를 환자의 가슴에 각각 부착한 뒤에 자동제세동기 본체와 패드를 서로 연결해야 하는 형태의 자동제세동기가 사용되었다. 최근에는 두 개의 패드가 자동제세동기의 본체에 이미 연결된 형태(pre-connected)의 자동제세동기가 주로 보급되어 설치되고 있다. 이런 형태의 자동제세동기는 전원을 켜 뒤에 환자의 가슴에 두 개의 패드를 부착하기만 하면 되므로 일반인도 쉽게 사용할 수 있다. 최근에는 목격자에 의해 시행되는 가슴압박의 속도와 깊이, 인공호흡의 주기 등을 음성으로 안내해주는 기능을 갖춘 자동제세동기도 설치되고 있다.

5) 자동제세동기 사용 방법

사용 방법은 자동제세동기의 종류 및 제조회사에 따라 약간의 차이가 있으나 기본적인 사용 원칙은 같다. 심폐소생술을 시행하고 있는 도중에 자동제세동기가 도착하면, 먼저 자동제세동기를 심폐소생술에 방해가 되지 않는 위치에 놓은 후에 전원 버튼을 누른다. 환자의 상의를 벗긴 후에, 두 개의 패드를 포장지에 그려져 있는 대로 환자의 가슴에 단단히 부착한다. 패드 부착 부위에 땀이나 기타 이물질이 있으면 제거한 뒤에 패드를 부착한다. 자동제세동기가 심장정지 환자의 심전도를 분석하는 동안 혼선을 주지 않기 위해 환자와의 접촉을 피하고, 환자의 몸이 움직이지 않도록 한다. 제세동이 필요한 경우라면 ‘제세동이 필요합니다’라는 음성 또는 화면 메시지와 함께 자동제세동기가 스스로 제세동 에너지를 충전한다. 이후에 ‘제세동 버튼을 누르세요’라는 음성 또는 화면지시가 나오면, 안전을 위하여 심장정지 환자와 접촉한 사람이 없음을 확인한 뒤에 제세동 버튼을 누른다. 제세동 처치를 받은 후 심장정지 환자의 심장 리듬은 종종 무수축 및 무맥성 전기활동과 같은 비관류 심장 리듬(non-perfusing rhythm)으로 전환된다. 그러므로 구조자는 제세동 시행 직후에 즉시 심폐소생술을 다시 시작하여 가슴압박 중단시간을 최소화해야 한다. 자동제세동기가 ‘제세동이 필요하지 않습니다.’라고 분석한 때도 마찬가지로 심폐소생

술을 다시 시작한다(그림 20). 자동제세동기는 2분마다 환자의 심전도를 자동으로 분석하여 제세동의 필요성을 판단한다. 그러므로 구조자는 환자에게 자동제세동기를 적용한 상태로 119구급대가 현장에 도착하거나 환자가 회복되어 깨어날 때까지 심폐소생술과 제세동을 반복하여 시행한다.

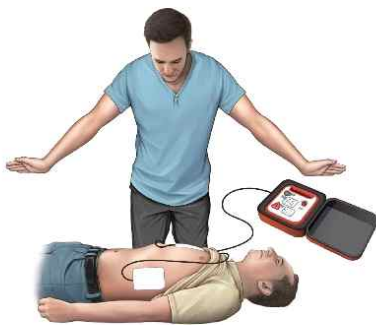
자동제세동기의 패드는 심장에 최대의 전류를 전달할 수 있는 위치에 부착해야 한다. 한 패드를 오른쪽 빗장뼈 아래에 부착하고, 다른 패드는 왼쪽 젖꼭지 아래의 중간겨드랑선(mid axillary line)에 부착하는 전 외 위치법(antero-lateral placement)이 일반적으로 사용된다. 다른 방법으로는 두 개의 패드를 가슴의 앞뒤로 부착하는 전후 위치법이나 한 패드를 흉골의 왼쪽에 부착하고, 다른 패드는 등의 견갑골 밑에 부착하는 방법 등이 있다. 패드를 부착하는 방법에 따른 제세동 성공률은 서로 비슷하며, 비교적 적용하기 편리한 전 외 위치법이 가장 많이 사용된다.



① 전원을 켜다



② 두 개의 패드 부착



③ 심장리듬 분석



④ 제세동 시행



⑤ 즉시 심폐소생술 다시 시행

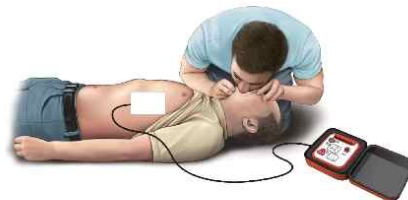


그림 20. 자동제세동기 사용 순서

* 전원 켜기-전극 부착-리듬 분석-제세동

6) 소아에 대한 자동제세동기의 사용

8세 미만의 소아는 성인보다 심장정지의 발생빈도가 낮으며, 다양한 원인에 의해 심장정지가 유발된다.¹⁵⁰ 소아 심장정지 환자의 초기 심전도의 5~15%는 심실세동인 것으로 보고되고 있으며, 이 경우에는

성인과 마찬가지로 제세동을 해야 한다.¹⁵¹⁻¹⁵⁵

소아 심장정지 환자에게는 성인에 비해 적은 에너지인 2~4 J/kg로 제세동을 하는 것이 권장되며, 일부 자동제세동기는 성인용 패드를 소아용 패드로 교체하거나 소아용 열쇠를 꽂음으로써 제세동 에너지를 줄이도록 설계되어 있다.^{156,157} 그러므로 8세 미만의 소아 심장정지 환자에게는 가능한 소아 제세동 용량으로 변경시킨 뒤에 자동제세동기를 적용하는 것이 바람직하다. 그러나 소아용 패드나 에너지 용량 조절장치가 갖추져 있지 않았으면 성인용 자동제세동기를 그대로 적용할 수 있다. 1세 미만의 영아에게는 수동제세동기를 적용하는 것이 바람직하지만 갖추져 있지 않았으면 소아 제세동 용량으로 변경시킨 뒤에 자동제세동기를 적용한다.¹⁵⁸ 그러나 소아용 패드나 에너지 용량 조절장치가 갖추져 있지 않으면 1세 미만의 영아에게도 성인용 제세동기를 적용할 수 있다.

자동제세동기 패드의 부착은 전 외 위치법이나 전후 위치법을 적용하며, 두 개의 패드가 서로 맞닿지 않도록 해야 한다.

7) 병원에서의 자동제세동기 적용

병원에서 심장정지 환자가 발생한 경우에는 3분 이내에 제세동 처치를 시행하는 것이 바람직하다.¹⁵⁹ 병원이라 할지라도 환자에 대한 심전도 감시가 이루어지지 않는 병동, 외래, 검사실 등에서 심장정지 환자가 발생한 경우에는 제세동 처치가 지연될 수 있다. 자동제세동기는 병원내 심장정지 환자에게 더 신속한 제세동 처치를 시행하는 방법으로 고려될 수 있다.¹⁶⁰ 특히 수동제세동기를 자주 사용하지 않거나, 심전도 판독 능력이 부족한 의료진이 근무하는 장소에는 자동제세동기 설치를 고려하는 것이 바람직하다.¹⁶¹ 병원 내에 자동제세동기를 설치한 뒤에는 이를 사용할 직원과 의료진을 대상으로 정기적인 교육을 실시해야 하며, 실제 심장정지 환자에 대한 자동제세동기의 적용 결과를 지속해서 기록하고 피드백해야 한다.¹⁶²

8. 이물에 의한 기도폐쇄

1) 기도폐쇄의 확인 방법

실신, 경련, 갑작스러운 호흡곤란, 청색증, 심장정지 또는 의식 소실을 유발할 수 있는 응급상황들과 기도폐쇄를 구별해 내는 것은 심장정지 환자의 생존율을 높이는 데에 중요하다. 이물질은 가벼운 또는 심각한 상태의 기도폐쇄를 일으킬 수 있다. 갑작스러운 호흡곤란 환자에게 기도폐쇄 소견이 보이면 즉시 응급처치를 시행하여야 한다. 환자가 기침, 청색증, 말하거나 숨쉬기 힘든 호흡곤란 등의 증상을 보이거나 자신의 목을 움켜잡는 징후를 보이면 환자에게 “목에 뭐가 걸렸나요?”라고 물어보아, 환자가 말을 하지 못하고 고개를 끄덕인다면 심각한 상태의 기도폐쇄로 판단하고 즉각적으로 처치를 해야 한다.

2) 기도폐쇄의 치료 방법

환자가 가벼운 기도폐쇄 증상을 보이면서 기침을 크게 하고 있다면, 환자의 자발적인 기침과 숨을 쉬기 위한 노력을 방해하지 않도록 한다. 그러나 심각한 기도폐쇄의 징후를 보이며 효과적으로 기침을 하지 못하는 성인이나 1세 이상의 소아 환자를 발견하면 즉시 등 두드리기(back blow)를 시행한다(그림 21).¹⁶³⁻¹⁶⁵ 등 두드리기를 5회 연속 시행한 후에도 효과가 없다면 5회의 복부 밀어내기(abdominal thrust, 하임리히법)를 시행한다(그림 22).¹⁶⁶⁻¹⁶⁸ 기도폐쇄의 징후가 해소되거나 환자가 의식을 잃기 전까지 계속 등 두드리기와 복부 밀어내기를 5회씩 반복한다. 1세 미만의 영아는 복강 내 장기손상이 우려되기 때문에 복부 압박이 권고되지 않는다. 성인 환자가 의식을 잃으면 구조자는 환자를 바닥에 눕히고 심폐소생술을 시행한다. 과거에는 심폐소생술 시행 전에 가슴 밀어내기(chest thrust) 방법을 권장하였으나,¹⁶⁹⁻¹⁷² 가슴 밀어내기를 교육하기가 어렵고 가슴압박으로 이물의 배출을 기대할 수 있으므로 가슴 밀어내기는 추천되지 않는다. 다만, 임신부나 고도 비만 환자의 경우에는 등 두드리기를 시행한 후 이물이 제거되지 않으면, 복부 밀어내기 대신 가슴 밀어내기(chest thrust)를 시행한다.



그림 21. 등 두드리기



그림 22. 복부 밀어내기

일부 증례 보고에서 의식이 없는 성인과 1세 이상의 소아에게 손가락 훑어내기가 도움이 될 수 있는 것으로 알려졌으나, 몇몇 다른 연구에서는 환자나 구조자에게 해를 입힐 수 있다고 보고되었다.^{171,173-175} 따라서 심장정지가 의심되는 의식이 없는 환자의 입안에 이물질이 보일 때는 구조자가 손가락으로 이물을 제거하는 것을 고려할 수 있다. 이 경우 손가락을 물리지 않도록 물림 보호대(bite block, 재갈) 등을 사용하는 것이 바람직하며, 이물질이 보이지 않을 때 손가락을 이용하여 맹목적으로 훑어내기를 시행하는 것은 권고하지 않는다. 만약 훈련을 받은 응급의료종사자라면 후두경과 마질 집자(Magill forceps)를 사용하여 이물의 제거를 시도할 수 있다.¹⁷⁶

9. 익수

익사는 전 세계적으로 비의도적 손상으로 인한 사망의 세 번째 주요 원인으로 연간 36만 명 이상이 사망한다.¹⁷⁷ 침수 시, 빠르게 저산소혈증이 발생하기 때문에 익수 피해자를 발견하였을 때 심장정지를 막으려면 빠른 처치가 필요하다. 목격자가 현장에서 바로 소생술을 시행하면 환자의 소생률을 높일 수 있지만, 구조자의 위험과 필요한 자원을 함께 고려해야 하는 일이다.

1) 목격자 심폐소생술

익수로 인한 심장정지 환자를 발견하였을 때 안전에 문제가 없다면 목격자가 즉시 소생술을 시행하는 것이 좋다. 만약 목격자가 충분히 훈련되어 있고 구조 호흡을 하는 데에 거부감이 없다면, 가슴압박과 동시에 인공호흡을 실시하는 것을 권고한다. 최근 연구에서는 목격자의 인공호흡이 생존과 연관성이 있으며,^{178,179} 신경학적 예후와 생존퇴원율을 향상한다고 보고되었다.¹⁸⁰⁻¹⁸² 인공호흡을 포함한 심폐소생술이 환자의 생존에 긍정적 영향을 미친다는 사실은 익수 환자의 심장정지가 저산소혈증에 의한 경우가 많다는 점에서 이해할 수 있다. 그러나, 기존의 심폐소생술 방법에서 인공호흡을 먼저 시행하는 것과 가슴압박을 먼저 시행하는 것에 대한 연구결과는 아직 부족하다. 응급의료종사자는

표준심폐소생술을 시행하면서 전문기도기를 거치하고 산소를 투여해야 한다.

2) 익수환자에 대한 제세동

익수에 의한 심장정지의 흔한 원인은 저산소혈증이지만, 일부 환자에게는 심장부정맥에 의해 발생하는 경우도 있으므로 자동제세동기를 사용할 수 있다.^{180,183}

3) 물속에서의 소생술

2명 이상의 구조자가 있고 구조용 부양 기구가 있을 때 환자를 물가로 데려오기 전 1분 동안 물속에서 인공호흡을 시행하는 것을 고려할 수 있다. 익수 상태의 성인 또는 소아 심장정지 환자가 물속에 있을 때 시행하는 소생술의 효과 등에 대해서는 아직 연구결과 및 근거가 미흡하다. 또한, 마네킹을 이용한 실험에서 물속에서 시행하는 소생술은 기술적으로 어렵고 체력이 소모된다고 알려졌다.^{184,185} 다만, 물속에서 의식과 호흡이 없는 환자를 물가에 데려가기 전 1분 동안 인공호흡을 시행한 그룹에서 초기 생존, 생존퇴원율, 신경학적 예후가 모두 좋았다는 임상 연구결과가 있으므로 충분한 훈련을 받은 구조 요원이 적절한 장비를 사용한다면 물속에서 소생술을 시작하는 것을 고려할 수 있다.¹⁸⁶

4) 익수 환자에 대한 보트 위에서의 소생술

안전한 환경과 충분한 구조자의 숫자가 확보되었다면, 보트 위에서의 소생술을 고려할 수 있다. 익수 상태의 성인 또는 소아 심장정지 환자를 구조한 후 보트 위에서 소생술을 시행한 경우에 관한 임상연구에서 환자의 생존에 대한 영향을 밝혀낼 수는 없었다.¹⁸⁷ 또한, 마네킹을 이용한 모의실험에서 충분한 구조자와 공간이 확보된다면, 소생술을 하는 것이 가능하다는 사실을 알 수 있었다. 다만,

흔들리는 보트에서 소생술을 시행하면 구조자의 체력이 빠르게 고갈되므로 구조자의 피로도를 고려하여야 한다.^{188,189}

5) 익수 환자에 대한 예후 예측

익수 환자의 예후를 판단할 때는 침수시간을 예후 지표로 사용할 것을 권고한다. 반면 환자의 나이, 담수 등 물의 성상, 수온, 목격 여부, 구급대 반응 시간 등을 예후 결정 인자로 사용하지 않을 것을 제안한다.

10. 심폐소생술에서의 소아와 성인의 구분

소아와 성인 사이에는 심장정지 원인에 차이가 있으며 체구가 다르므로 심폐소생술 방법에도 약간의 차이가 있다. 그러나 한 가지 특징만으로는 소아와 성인을 구분하기 어렵고, 심폐소생술 방법을 다르게 적용해야 하는 나이를 결정하기 위한 과학적 근거가 부족하다. 이 가이드라인에서 나이의 구분은 심장정지 현장에서의 적용 가능성과 교육의 수월성을 고려하여 정하였다. 소아의 체구가 커서 성인과의 구분이 어려울 때는 구조자의 판단에 따라 소아 또는 성인 심폐소생술을 적용하면 된다. 비록 구조자가 심장정지 환자의 나이를 잘못 판단하였더라도 환자에게 중대한 위해를 초래하지는 않는다.

심폐소생술에서 나이의 정의는 다음과 같다.

- ① 신생아: 출산한 때로부터 4주까지
- ② 영아: 만 1세 미만의 아기
- ③ 소아: 만 1세부터 만 8세 미만까지
- ④ 성인: 만 8세부터

11. 심폐소생술의 법적인 측면

1) 응급의료종사자

응급의료종사자의 심폐소생술 시행에 대한 법적인 문제는 없다. 기본소생술의 시행은 1급 응급구조사뿐 아니라, 2급 응급구조사의 업무 범위에도 포함되며 의료인의 구체적 지시가 없어도 할 수 있다.

2) 일반인 구조자

일반인에 대해서는 응급의료에 관한 법률 제5조에 “누구든지 응급환자를 발견하면 즉시 응급의료기관 등에 신고하여야 한다.”라는 신고 의무와 “응급의료종사자가 응급의료를 위하여 필요한 협조를 요청하면 누구든지 적극적으로 협조하여야 한다.”라는 협조 의무만을 규정하고 있다. 그러나 같은 법의 제4조에는 “모든 국민은 응급상황에서의 응급처치 요령, 응급의료기관 등의 안내 등 기본적인 대응방법을 알 권리가 있으며, 국가와 지방자치단체는 그에 대한 교육·홍보 등 필요한 조치를 마련하여야 한다.”라고 규정하고 있다. 따라서 심폐소생술을 모든 국민에게 교육하고 응급상황에서 시행할 수 있게 하는 것은 국민의 기본 권리에 해당한다.

3) 선의의 응급의료에 대한 면책(선한 사마리아인 조항)

응급의료에 관한 법률에 선의의 응급의료에 대한 면책 조항이 있다. 이 법 제5조2 (선의의 응급의료에 대한 면책)는 “생명이 위급한 응급환자에게 해당하는 응급의료 또는 응급처치를 제공하여 발생한 재산상 손해와 사상에 대하여 고의 또는 중대한 과실이 없는 경우 그 행위자는 민사 책임과 상해에 대한 형사 책임을 지지 아니하며 사망에 대한 형사 책임은 감면한다.”고 규정함으로써, 선의의 구조자를 보호할 수 있는 법적 근거를 제공하고 있다. 상기 법률의 행위자에는 일반인 및 업무시간

외의 응급의료종사자가 포함된다.

12. 심폐소생술과 관련된 윤리

소생술의 목적은 생명의 유지, 건강의 회복, 고통의 감소, 기능 악화의 최소화에 있다. 그러면서도 소생술을 행할 때에는 환자 개개인의 의지, 가치관, 결정권 등이 존중되어야 한다. 하지만 심장정지 상황에서 시행되는 심폐소생술은 바로 대응을 해야 하므로 사전에 이를 확인할 수 없는 경우가 많다. 그 때문에 심폐소생술이 불필요한 경우 또는 원치 않을 때도 심폐소생술이 시행되는 결과를 초래할 수 있다.¹⁹⁰⁻¹⁹² 따라서 이번 『심폐소생술과 관련된 윤리』 편에서는 환자 개인의 자율권, 의사결정권과 함께 심장정지가 임박한 환자의 연명의료에 대한 접근과 심폐소생술을 시작하지 않거나 중단함에 관한 결정 등에 대한 윤리적인 접근에 관해 기술하고자 한다. 다만, 일반적인 윤리 문제에 관해 기술하며 소아와 신생아 소생술, 예후 판정, 장기 기증 등과 관련된 윤리적인 문제는 해당 분야(소아소생술, 신생아소생술, 소생후 통합치료 등)에서 다룬다.

1) 윤리적 접근의 원칙

(1) 자율권의 존중

환자의 자율권 존중은 의료윤리나 법의 관점에서 중요한 사회적 가치이다. 의학적 또는 법적으로 정상이 아닌 경우를 제외한 모든 성인은 스스로 의사결정 능력이 있다고 여겨진다. 치료에 대한 올바른 결정은 의료인과 환자와의 충분한 소통이 전제되어야 하며 다음의 3단계 과정이 필요하다.^{193,194}

- ① 환자는 현재의 상태, 예후, 앞으로의 치료 방법과 다른 치료 방법의 장점과 위험에 대해 정확한 정보를 받고 충분히 이해해야 한다.

② 환자가 정확히 이해하고 있는지를 확인하기 위해, 의사가 설명한 내용을 환자 스스로 말로 다시 표현해 보도록 한다.

③ 환자는 본인이 선택할 수 있는 치료 방법을 심사숙고하여 선택, 결정함으로써 본인의 결정을 정당화한다.

(2) 심폐소생술 시행 여부에 대한 사전의사결정

개인의 자율성을 존중해야 함에도 고령 환자의 25% 이상은 삶의 마지막 단계에서 환자 본인이 아닌 가족이나 대리인이 의사결정을 하게 된다.¹⁹⁵ 암 환자를 대상으로 한 우리나라 연구결과에서는 환자 본인이 아닌 다른 사람에 의한 의사결정 비율이 35% 이상으로 우리나라는 본인이 아닌 가족이나 대리인이 이런 의사결정을 하는 경우가 더 많다.^{196,197} 따라서 고령자나 말기 환자는 삶의 마지막 단계의 치료를 본인이 결정할 수 없는 상황이 오기 이전에 심폐소생술 유보 여부, 연명 치료 시행 여부를 미리 결정해 놓는 것이 필요할 수 있다. 이처럼 연명의료 시행 여부에 대해 사전에 의사결정을 하게 되면 임종이 다가왔을 때 적극적인 치료보다 완화 의학, 호스피스 위주의 보존적 치료를 받게 됨으로써 남은 시간 동안의 삶과 가족에 대한 배려를 고려할 수 있게 된다.¹⁹⁸ 따라서 의료인은 환자의 심장정지 발생이 예측될 때는 사전에 환자 자신의 치료에 관해 결정을 하도록 알려 주어야 한다.

우리나라에서는 2016년에 호스피스·완화의료 및 임종 과정에 있는 환자의 연명의료 결정에 관한 법률(약칭: 연명의료결정법)이 제정되고 2018년부터 시행되었다. 이에 따라 사전연명의료 의향서 및 연명의료계획서 작성과 연명의료 결정에 대한 이행 비율이 미약하지만 조금씩 높아지고 있다.¹⁹⁹ 하지만 법 시행 초기 단계이므로 실제로 적용되는 과정에서 일반인 및 의료인에 대한 교육과 홍보, 법 적용과정에서의 개선 활동 등이 지속해서 필요할 것이다.

일반적인 의학적 시술과는 달리 심폐소생술은 묵시적 동의가 되었다는 가정 하에 의료인의 지시 없이

목격자에 의해 시작된다. 말기 환자는 죽음 자체보다도 자포자기와 통증에 더욱 두려움을 느낀다. 따라서 의료인은 통증과 증상의 조절뿐만 아니라 지지치료를 계속 받을 것인지, 또는 심폐소생술을 하지 않을 것인지 등에 대해 환자 또는 가족의 확실한 사전의사결정을 받아야 한다. 이런 의사결정에 따라 환자의 의무 기록에 심폐소생술 거부 여부에 대한 의사 표현을 기록해야 하고, 그러한 심폐소생술 거부와 일부 치료에 대해 제한을 하는 이유, 환자와 보호자, 가족과 상의한 내용 등을 연명의료결정법에 따라 사전연명의료의향서 혹은 연명의료계획서에 기록해야 한다. 하지만 병원 밖과 응급실처럼 연명의료 결정에 대한 절차를 수행하기 어려운 환경과 취약 환자(장애인, 외국인, 무연고자, 미성년자 등)에 대해서는 연명의료결정법을 적용하기 어려운 현실적인 문제가 있다는 점과 이로 인해 법적인 효력이 명확하지 않은 소생술 거부 및 시도 금지에 대한 동의 서식 등을 불가피하게 사용하고 있어 연명의료결정법의 한계로 지적되고 있다.

사전연명의료의향서 혹은 연명의료계획서에는 구체적으로 어떤 치료를 하지 않을지를 독립적인 문서로 만들어야 한다. 심폐소생술 거부에 대한 동의가 다른 형태의 치료까지 거부 또는 포기를 뜻하는 것이 아니다. 즉, 수액 및 영양공급, 산소, 진통제, 안정제, 항부정맥제, 혈관수축제의 투여와 같은 심폐소생술 이외의 다른 치료에 대한 포괄적인 거부를 뜻하는 것은 아니다. 어떤 환자들은 제세동과 가슴압박 처치는 하고, 기관내삽관과 기계 환기는 하지 않겠다고 결정할 수도 있다. 심폐소생술 거부 혹은 포기에 관해 결정을 할 때는 다른 의료인들과도 논의해서 판단해야 한다.²⁰⁰

(3) 회생 불능 환자에게서의 치료 원칙

회생 불능 환자에 관해 환자나 가족이 건강상태를 개선할 가능성이 전혀 없는 치료를 요구하기도 한다. 의료인은 요구된 치료가 과학적 근거와 사회적 통념으로 볼 때 전혀 효과가 없다고 판단될 때에는 요구된 치료를 제공할 의무가 없다. 명백한 회생 불능 의료행위의 예는 비가역적인 임종기

상태의 심장정지 환자에게 심폐소생술을 시행하는 것이다. 하지만 환자에 대한 사전 평가가 되어있지 않은 심장정지 상황에서는 회복불능의 뇌 손상이나 뇌사 상태를 정확히 판정하거나 예측하는 것은 매우 어렵다. 만일 예후가 불확실한 상황이라면 치료를 시작하고, 치료를 진행하는 동안 추가로 환자의 생존 가능성과 예상되는 임상적 경과에 대한 자료를 수집해야 한다.²⁰¹

2) 병원밖 심장정지 환자에 대한 심폐소생술을 유보하거나 중단하는 상황

(1) 병원밖 심장정지에서 심폐소생술 유보

일반적으로 심장정지 환자에게는 즉시 심폐소생술을 제공해야 하지만, 심폐소생술을 유보해야 하는 다음의 몇 가지 예외사항이 있다.²⁰²

- ① 심폐소생술을 하는 구조자가 심각한 위험을 입을 위험에 처해 있는 상황
- ② 사망의 확실한 임상적 징후(예, 사후 경직, 시반, 참수, 신체 절단, 부패)가 있는 경우
- ③ 심폐소생술을 원하지 않는다는 의학적 지시 또는 소생술 시도 금지(DNAR: Do Not Attempt Resuscitation) 표식이 있는 경우

위의 세 가지 예외사항 중 세 번째 항목에 대해서는 논의가 필요하다. 심폐소생술을 원하지 않는다는 의사결정이 되어있는 임종기 환자에 대해 형식적인 심폐소생술이나 지연된 심폐소생술을 시행하는 것은 부적절하다. 이런 행위는 의료인의 도덕성을 손상하고, 환자와의 관계를 훼손한다. 병원밖 심장정지에서 심폐소생술의 유보 및 중지에 대한 프로토콜이 마련되어 있지 않은 지역사회에서는 발생한 심장정지 중 27%에서 거절된 심폐소생술이 이루어지고 있다고 보고되었다.^{203,204} 프로토콜이 마련된 지역사회에서는 병원밖 심장정지의 심폐소생술 거부는 환자나 가족 및 관련된 의료인들이 명확하게 알 수 있도록 기술되어야 하며, 해당 표식을 휴대할 수 있어야 한다.²⁰⁵ 하지만 우리나라의 현행 연명의료결정법에서는 병원 밖에서 사전의사결정에 따른 심폐소생술 유보가 원활히 진행되기 어렵다.

법 자체가 병원 내부에서 시행될 수 있도록 만들어져 있기 때문이다. 의사 2인 이상이 임종기임을 판정해야 하는 절차가 선행되어야 하며 기존에 작성된 연명의료와 관련된 사전의사결정 서류를 확인하는 절차도 선행되어야 한다. 따라서 임종기이며 사전의사결정이 된 환자임에도 의사가 아닌 다른 직종의 응급의료종사자가 현장에 출동하는 우리나라 응급의료 상황에서는 확인 절차를 시행할 수 없어 병원 밖에서 응급의료종사자에 의해 연명의료결정법에 따른 심폐소생술을 유보하기는 어렵다.

(2) 병원밖 심장정지에서 심폐소생술 중단

기본소생술을 시작하는 구조자는 다음 중 한 가지의 상황에 해당할 때까지는 심폐소생술을 계속해야 한다.²⁰¹

- ① 응급의료종사자에게 치료 인계
- ② 자발순환회복
- ③ 구조자가 지치거나, 위험한 상황에 빠진 경우
- ④ 심폐소생술 시행 중에 심폐소생술 유보의 조건이 확인된 경우

3) 병원내 심장정지 환자에 대한 심폐소생술을 유보하거나 중단하는 상황

(1) 병원내 심장정지에서 심폐소생술 유보

병원 내에서는 일반적인 의학적 시술과는 달리 심폐소생술은 묵시적 동의가 되었다는 가정 하에 의사의 지시 없이 목격자(비의료인 포함)에 의해 시작된다. 그리고 병원에서 심장정지가 발생했을 때 심폐소생술 유보에 대한 사전의사결정(사전연명의료의향서, 연명의료계획서 등)이 없다면 심폐소생술은 시작되어야 한다. 따라서 사전의사결정이 없는 경우에는 불필요한 심폐소생술이 시행될 가능성이 크다. 이에 임종으로 진행되는 생애 말기 환자(임종기의 환자)의 경우에는 환자의 사전의사결정을 심장정지

발생 전에 확인할 필요가 있다. 다만, 예기치 못한 급격한 상태 악화로 심장정지로 진행되는 경우이거나 응급실에서 심장정지가 발생하는 경우와 같이 사전에 법적인 테두리 안에서 의사결정을 시행할 수 없거나 사전의사결정 내용을 확인하는 것이 불가능한 경우에 대해서는 현행 연명의료결정법을 적용하기 어려운 문제가 남아있다.

(2) 병원내 심장정지의 심폐소생술 중단

심폐소생술의 중단과 심폐소생술 후에 연명의료를 중단하는 것은 의학적, 도덕적으로 판단해야 할 문제이며, 생존할 수 없다고 판단될 때에는 치료의 중단을 주저해서는 안 된다.²⁰⁶ 다만 병원에서 성인 심폐소생술을 중단하는 결정은 전적으로 치료하는 의료인의 판단에 달려있으므로, 독단적인 결정보다는 심폐소생술 중단에 대한 근거와 절차가 정해져 있다면 이에 따라 심폐소생술 중단 여부를 결정하는 것이 좋다. 병원 안에서의 심폐소생술 중단을 판단할 수 있는 의사결정 가이드라인이 있다면, 심폐소생술 중단이 각기 다른 잣대로 결정되지 않도록 하는 데 도움이 된다.²⁰⁷ 그리고 심폐소생술 중단은 목격된 심장정지 인지 여부, 심폐소생술 시행 시간, 심장정지 최초 심전도 리듬, 제세동까지의 시간, 동반 질환, 심장정지 이전의 상태, 심폐소생술 동안 자발순환회복의 여부 등을 고려하여 결정한다.

4) 소생술의 연구에 관한 윤리

일반적으로 사람을 대상으로 하는 연구는 대상자의 동의가 필요하며, 때로는 법적으로 인정된 대리인의 동의가 필요하다.^{208,209} 하지만 심장정지 환자를 대상으로 하는 연구는 대부분 대상자의 동의를 얻을 수 없다.^{210,211} 따라서 심장정지 또는 심폐소생술을 연구할 때에 대상자의 동의를 얻지 않아도 되는 예외의 경우를 허용하기도 하며 이외의 경우에는 동의를 얻어야 한다.²¹² 대상자의 동의를 얻지 않아도 되는 예외의 경우는 다음의 조건에 부합되어야 한다.

- ① 연구 대상이 의식이 없으며, 발생한 질환이 정상생활을 불가능하게 하거나 영구 장애 또는 생명을 위협하는 상황이지만 알려진 치료법이 아직 연구 중이거나 효과가 증명되지 않았거나 만족스럽지 못한 경우
- ② 연구 대상이 연구에 동의 여부를 판단할 수 없는 상태이거나 유효한 동의를 할 수 없는 상태에서 대리인이 실험적 치료가 시작되어야 하는 시간 전에 연락이 닿지 않아 동의를 받을 수 없는 경우
- ③ 실험적 치료가 실험 참가자에게 이득이 될 가능성이 있고, 시행하려는 실험적 치료법 이외에 검증된 더 좋은 방법이 없는 경우
- ④ 해당 기관의 연구윤리위원회 승인을 받은 동의서 면제 연구의 프로토콜을 시행하는 경우

13. 코로나19 유행과 관련된 고려 사항

심폐소생술을 시행할 때는 환자와 구조자가 접촉하게 되므로 감염전파의 가능성이 있다. 심폐소생술과 관련되어 구조자가 사스(SARS)²¹³, 메르스(MERS)²¹⁴, 중증열성혈소판감소증후군(SFTS)²¹⁵ 등에 감염된 사례가 보고되었다. 병원밖 심장정지의 경우에는 환자의 감염 여부를 정확히 알 수 없으므로 감염병 유행 시기에는 구조자가 감염의 우려 때문에 심폐소생술을 시행하는 것을 꺼릴 수 있다. 실제로 유럽에서 코로나19 유행 시기에 전년도의 같은 기간에 비해서 병원밖 심폐소생술의 시행률과 생존퇴원율이 감소하였다고 한다.^{216,217} 하지만 심폐소생술에 포함된 술기의 종류에 따라 감염전파의 위험도는 차이가 있으며 적절한 보호장구를 착용하는 등의 예방 조치를 한다면 감염에 대한 우려 없이 심장정지 환자의 생존을 보장할 수 있다. 따라서 코로나19를 포함한 감염병 유행 시기에 고려해야 할 사항을 별도로 언급하고자 한다.

1) 감염전과 기전과 보호장구

코로나19 바이러스인 SARS-Cov-2가 전파되는 주된 기전은 감염성 호흡기 분비물에 의한 것으로 환자로부터 직접 전파되거나 오염된 물체에 접촉하는 것이다. 호흡기 분비물은 지름 5~10 μ m의 비말과 그 이하의 공기 부유 입자들을 말한다. 비말은 환자의 1~2m 이내의 물체에 오염되어 72시간 정도까지 생존 가능하며 공기 부유 입자는 상당 기간 공기 중에 떠다닐 수 있다.²¹⁸ 이런 감염성 호흡기 분비물이 구조자의 호흡기 점막이나 결막 등에 접촉하여 감염이 전파되므로 이를 차단하기 위해 보호장구를 착용하는 것이 감염 예방을 위해 중요하다. 일반적으로 전신 가운, 장갑, 마스크, 고글(보안경)을 착용함으로써 직접적인 비말 전파에 의한 감염을 예방할 수 있다. 비말보다 작은 공기 부유 입자를 차단하기 위해서는 N95 마스크가 필요하다. 현재까지의 근거로는 가슴압박 또는 체세동 자체만으로는 감염전파의 위험을 증가시키지 않는다고 간주하는 경향이다. 그러나 인공호흡과 같이 환자의 입을 열어야 하는 술기는 비말 생성이 가능한 술기로 생각해야 한다.

2) 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 순서(일반인 구조자)

일반인 구조자는 심폐소생술을 시작할 때 현장이 안전한지 확인하면서 감염 차단을 위해 보건용 마스크(가능한 KF94)를 착용하여야 한다(그림 23). 이를 위해 감염병 유행 시기에는 항상 마스크를 착용하거나 여분의 마스크를 지참하는 것을 권장한다. 반응과 호흡을 확인할 때는 환자의 기도를 여는 조작을 하거나 얼굴을 환자의 얼굴에 가까이 가져가지 않도록 한다. 호흡을 확인하여 호흡이 없거나 정상이 아닌 경우에는 가슴압박을 시작하기 전에 환자의 호흡기에서 배출될 수 있는 분비물을 차단하기 위해 환자에게 마스크를 착용시키거나 코와 입을 천이나 수건 등으로 덮을 것을 권장한다(그림 24).

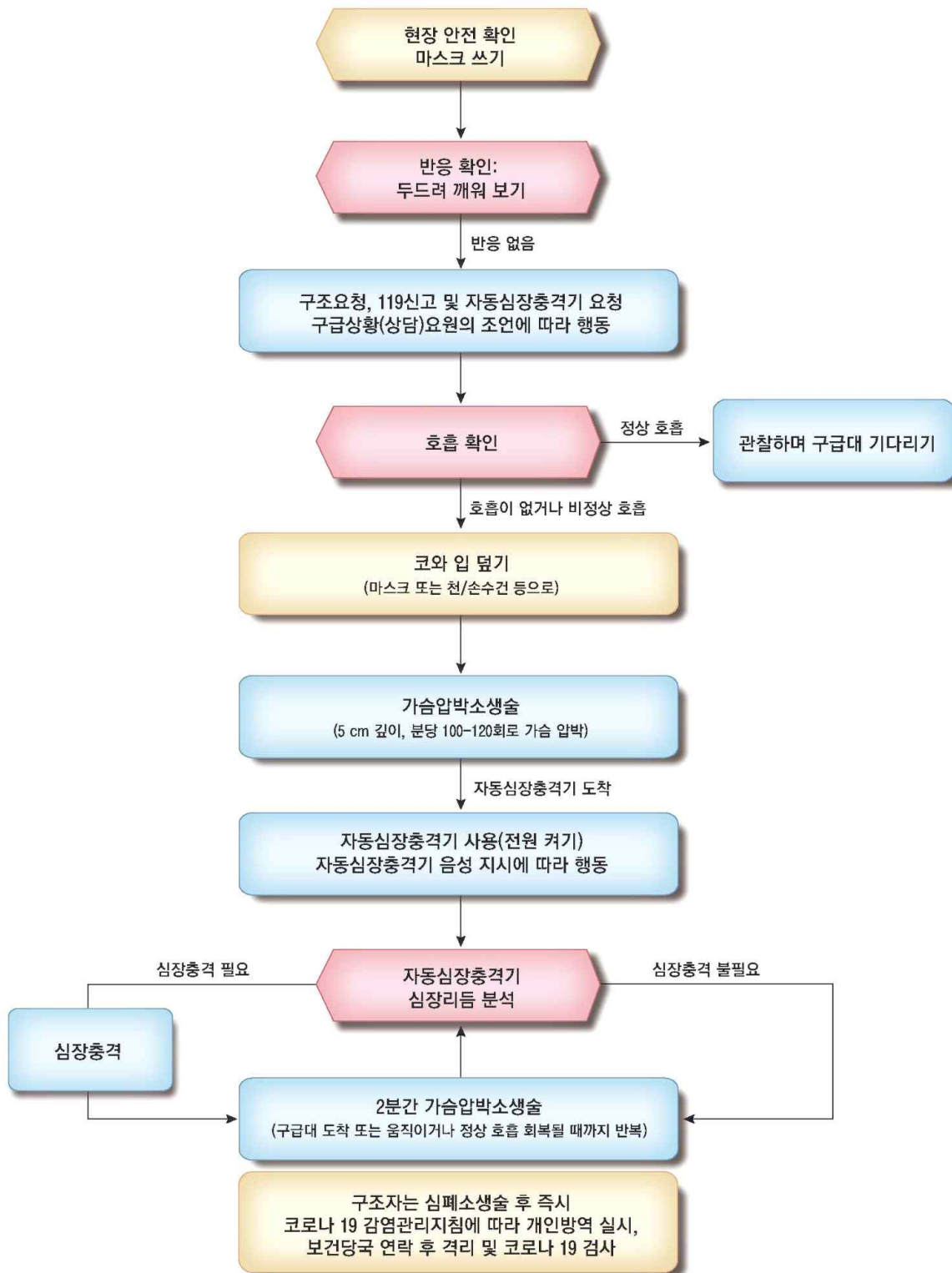


그림 23. 코로나 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 순서(일반인 구조자용)

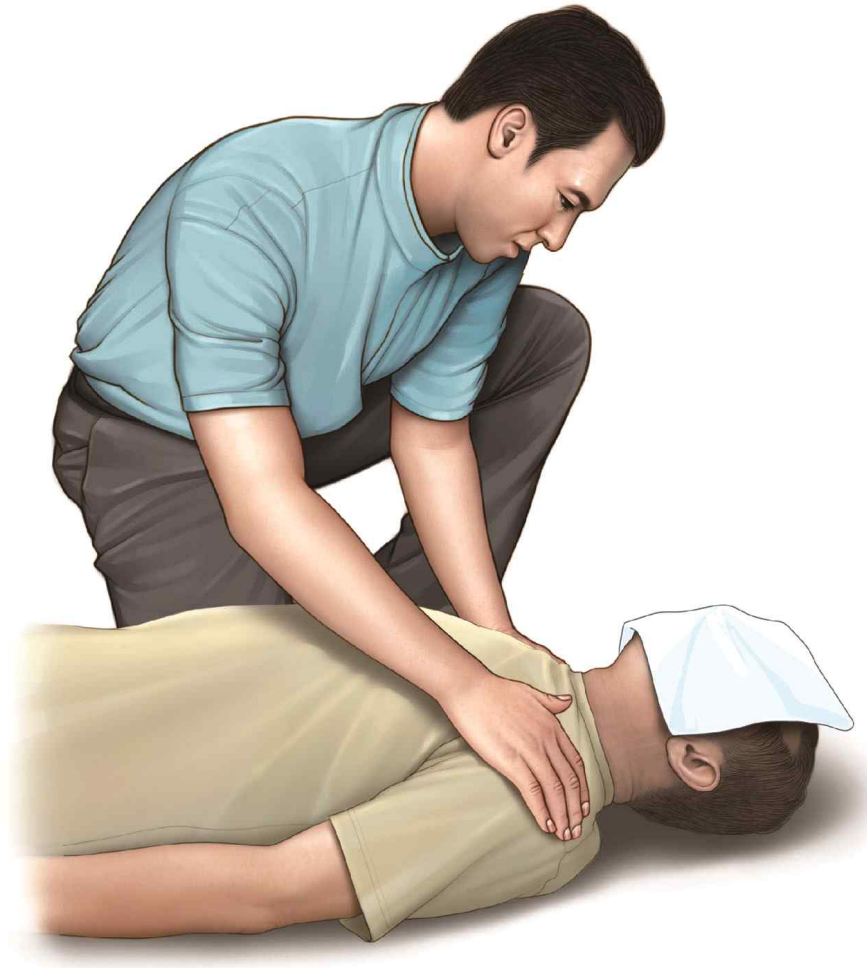


그림 24. 감염이 의심되는 환자의 얼굴 가리기

일반인의 경우 감염 위험을 줄이기 위해 인공호흡은 시행하지 않고 가슴압박만 시행하도록 권장한다. 제세동이 필요한 경우에는 감염전파에 유의하면서 적극적으로 시행할 것을 권장한다. 심폐소생술을 마친 후 구조자는 국가 방역 수칙에 따라 가능한 한 빨리 비누와 물로 손을 깨끗이 씻거나 알코올 기반의 손 소독제로 손을 소독하여야 하며 옷을 갈아입을 것을 권장한다. 또한, 지역 보건당국에 연락하여 코로나19 검사와 자가격리 여부 등을 확인한다.

3) 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 순서(의료종사자)

심폐소생술을 직업적으로 시행하는 의료종사자는 개인보호장구의 착의·탈의에 대한 훈련을 받고 적절한 장비를 받을 수 있어야 한다(그림 25). 의료종사자들은 코로나 유행 시기에도 가슴압박과 인공호흡을 30:2로 반복하는 표준 심폐소생술을 시행하는 것을 권장하며 감염으로부터의 적절한 보호를 위해 공기 전파를 차단할 수 있는 마스크(KF94 이상), 일회용 장갑, 일회용 방수성 긴팔 가운, 고글(또는 안면 마스크) 등을 포함한 개인보호장구를 착용할 것을 권장한다.

시뮬레이션 연구에 의하면 N95 마스크를 착용하면 구조자의 피로도가 증가하고 가슴압박의 품질이 저하된다고 한다.²¹⁹ 따라서 가능하면 기계식 압박 장치를 사용하거나 필요하면 가슴압박 시행자의 교대 주기를 2분보다 단축하도록 한다. 인공호흡은 백마스크를 사용하되 가능하다면 HEPA필터(High Efficiency Particulate Air Filter: HEPA)를 연결한다.²²⁰ 백마스크는 두 손을 이용하여 환자의 얼굴에 밀착시켜야 하며 이를 위해 두 명의 구조자가 인공호흡에 필요하다. 인공호흡을 할 때는 비말 생성을 줄이기 위해 가슴압박을 멈추도록 한다. 백마스크 사용이 익숙하지 않거나 인공호흡의 시행을 원하지 않을 때는 산소마스크를 환자의 얼굴에 올려둔 상태로 가슴압박소생술을 시행할 수 있다. 환자를 병원으로 이송할 때에는 가능하다면 음압형 구급차 또는 음압이 유지되는 이송 장비를 사용하는 것을 권장한다. 심폐소생술 및 이송을 마친 후에는 국가 방역 수칙에 따라 개인위생 및 구급차 소독 등 감염 방지를 위한 조치를 시행한다. 개인보호장구의 탈의는 오염되지 않도록 매우 신중하게 수행해야 한다.

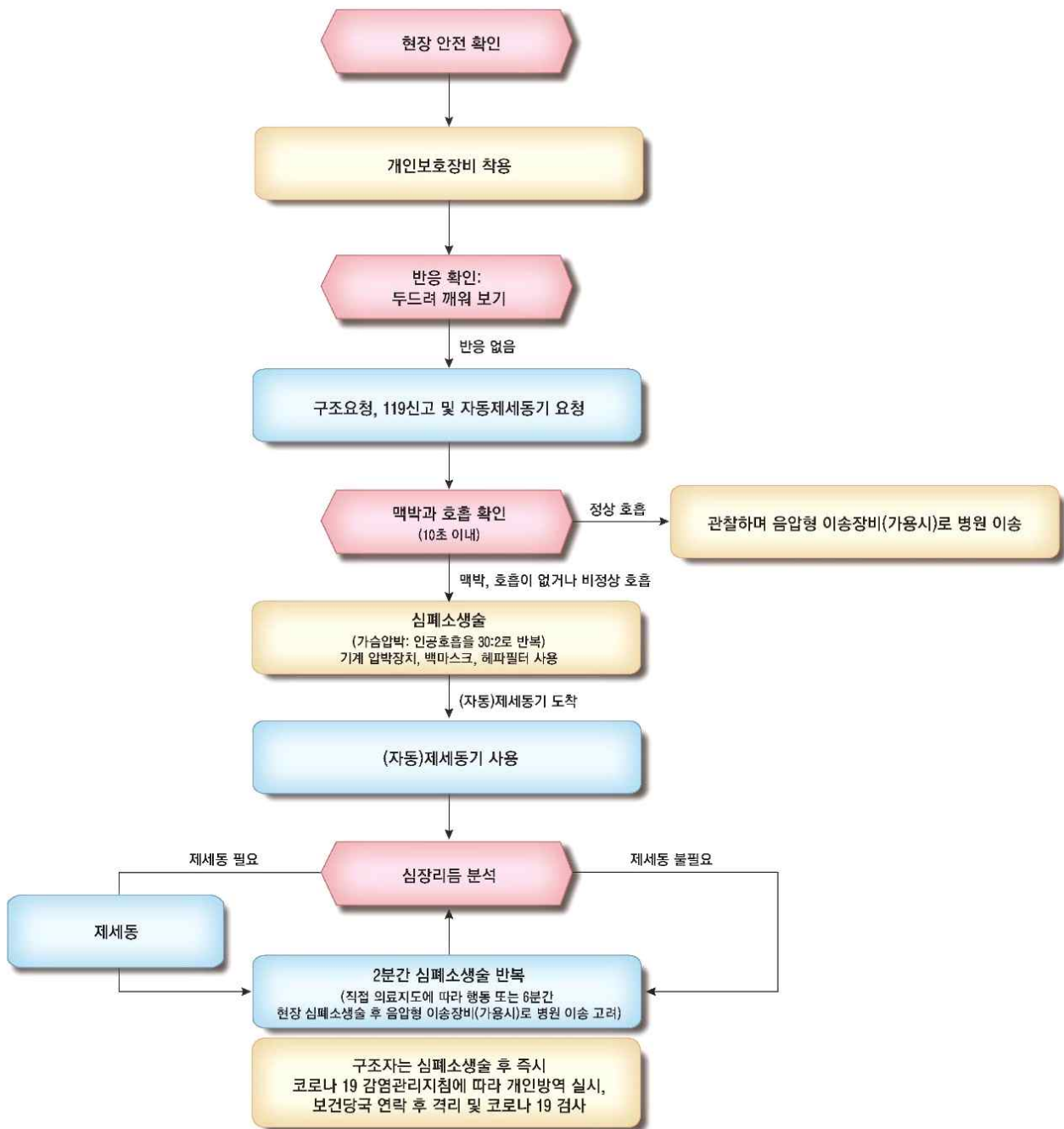


그림 25. 코로나 감염 또는 감염 의심환자에 대한 기본소생술 순서(의료종사자용)

참고문헌

1. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult Basic Life Support: International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A35–A79.
2. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
3. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
4. Akahane M, Ogawa T, Tanabe S, et al. Impact of telephone dispatcher assistance on the outcomes of pediatric out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 2012;40(5):1410–6.
5. Tanaka Y, Nishi T, Takase K, et al. Survey of a protocol to increase appropriate implementation of dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2014;129(17):1751–60.
6. Goto Y, Maeda T, Goto Y. Impact of dispatcher-assisted bystander cardiopulmonary resuscitation on neurological outcomes in children with out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *J Am Heart Assoc* 2014;3(3):e000499.
7. Tanaka Y, Taniguchi J, Wato Y, Yoshida Y, Inaba H. The continuous quality improvement project for telephone-assisted instruction of cardiopulmonary resuscitation increased the incidence of bystander CPR and improved the outcomes of out-of-hospital cardiac arrests. *Resuscitation* 2012;83(10):1235–41.
8. Brinkrolf P, Metelmann B, Scharte C, Zarbock A, Hahnenkamp K, Bohn A. Bystander-witnessed cardiac arrest is associated with reported agonal breathing and leads to less frequent bystander CPR. *Resuscitation* 2018;127:114–8.
9. Riou M, Ball S, Williams TA, et al. ‘She’s sort of breathing’: what linguistic factors determine call-taker recognition of agonal breathing in emergency calls for cardiac arrest? *Resuscitation*

2018;122:92–8.

10. Lewis M, Stubbs BA, Eisenberg MS. Dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation: time to identify cardiac arrest and deliver chest compression instructions. *Circulation* 2013;128(14):1522–30.
11. Kurz MC, Bobrow BJ, Buckingham J, et al. Telecommunicator Cardiopulmonary Resuscitation: A Policy Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(12):e686–e700.
12. Bång A, Herlitz J, Martinell S. Interaction between emergency medical dispatcher and caller in suspected out–of–hospital cardiac arrest calls with focus on agonal breathing. A review of 100 tape recordings of true cardiac arrest cases. *Resuscitation* 2003;56(1):25–34.
13. National Fire Agency. The Standard Protocols for 119 Emergency Medical Services Providers. 2019. (<https://www.nfa.go.kr/nfa/>).
14. Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting survival from out–of–hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med* 1993;22(11):1652–8.
15. Harjanto S, Na MXB, Hao Y, et al. A before–after interventional trial of dispatcher–assisted cardio–pulmonary resuscitation for out–of–hospital cardiac arrests in Singapore. *Resuscitation* 2016;102:85–93.
16. Hüpfl M, Selig HF, Nagele P. Chest–compression–only versus standard cardiopulmonary resuscitation: a meta–analysis. *Lancet* 2010;376(9752):1552–7.
17. Bohm K, Stålhandske B, Rosenqvist M, Ulfvarson J, Hollenberg J, Svensson L. Tuition of emergency medical dispatchers in the recognition of agonal respiration increases the use of telephone assisted CPR. *Resuscitation* 2009;80(9):1025–8.
18. Bobrow BJ, Spaite DW, Vadeboncoeur TF, et al. Implementation of a regional telephone cardiopulmonary resuscitation program and outcomes after out–of–hospital cardiac arrest. *JAMA Cardiol* 2016;1(3):294–302.
19. Berg RA, Hemphill R, Abella BS, et al. Part 5: adult basic life support: 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*

2010;122(18 Suppl 3):S685–S705.

20. Debaty G, Labarere J, Frasccone RJ, et al. Long-term prognostic value of gasping during out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol* 2017;70(12):1467–76.
21. Clark JJ, Larsen MP, Culley LL, Graves JR, Eisenberg MS. Incidence of agonal respirations in sudden cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1992;21(12):1464–7.
22. Fukushima H, Imanishi M, Iwami T, et al. Abnormal breathing of sudden cardiac arrest victims described by laypersons and its association with emergency medical service dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation instruction. *Emerg Med J* 2015;32(4):314–7.
23. Eberle B, Dick W, Schneider T, Wisser G, Doetsch S, Tzanova I. Checking the carotid pulse check: diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation* 1996;33(2):107–16.
24. Moule P. Checking the carotid pulse: diagnostic accuracy in students of the healthcare professions. *Resuscitation* 2000;44(3):195–201.
25. Ochoa FJ, Ramalle-Gomara E, Carpintero J, Garcia A, Saralegui I. Competence of health professionals to check the carotid pulse. *Resuscitation* 1998;37(3):173–5.
26. Travers AH, Perkins GD, Berg RA, et al. Part 3: Adult Basic Life Support and Automated External Defibrillation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2015;132(16 Suppl 1):S51–83.
27. Qvigstad E, Kramer-Johansen J, Tomte O, et al. Clinical pilot study of different hand positions during manual chest compressions monitored with capnography. *Resuscitation* 2013;84(9):1203–7.
28. Cha KC, Kim YJ, Shin HJ, et al. Optimal position for external chest compression during cardiopulmonary resuscitation: an analysis based on chest CT in patients resuscitated from cardiac arrest. *Emerg Med J* 2013;30(8):615–9.
29. Zuercher M, Hilwig RW, Ranger-Moore J, et al. Leaning during chest compressions impairs cardiac output and left ventricular myocardial blood flow in piglet cardiac arrest. *Crit Care Med*

2010;38(4):1141–6.

30. Glatz AC, Nishisaki A, Niles DE, et al. Sternal wall pressure comparable to leaning during CPR impacts intrathoracic pressure and haemodynamics in anaesthetized children during cardiac catheterization. *Resuscitation* 2013;84(12):1674–9.

31. Hinchey PR, Myers JB, Lewis R, et al. Improved out-of-hospital cardiac arrest survival after the sequential implementation of 2005 AHA guidelines for compressions, ventilations, and induced hypothermia: the Wake County experience. *Ann Emerg Med* 2010;56(4):348–57.

32. Olasveengen TM, Vik E, Kuzovlev A, Sunde K. Effect of implementation of new resuscitation guidelines on quality of cardiopulmonary resuscitation and survival. *Resuscitation* 2009;80(4):407–11.

33. Bohm K, Rosenqvist M, Herlitz J, Hollenberg J, Svensson L. Survival is similar after standard treatment and chest compression only in out-of-hospital bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2007;116(25):2908–12.

34. Ong ME, Ng FS, Anushia P, et al. Comparison of chest compression only and standard cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest in Singapore. *Resuscitation* 2008;78(2):119–26.

35. Sayre MR, Berg RA, Cave DM, et al. Hands-only (compression-only) cardiopulmonary resuscitation: a call to action for bystander response to adults who experience out-of-hospital sudden cardiac arrest: a science advisory for the public from the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee. *Circulation* 2008;117(16):2162–7.

36. Sos-Kanto study group. Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. *Lancet* 2007;369(9565):920–6.

37. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet* 2010;375(9723):1347–54.

38. Bobrow BJ, Spaite DW, Berg RA, et al. Chest compression-only CPR by lay rescuers and survival from out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2010;304(13):1447–54.

39. Gazmuri RJ, Ayoub IM, Radhakrishnan J, Motl J, Upadhyaya MP. Clinically plausible hyperventilation does not exert adverse hemodynamic effects during CPR but markedly reduces end-tidal PCO₂. *Resuscitation* 2012;83(2):259–64.
40. Kill C, Galbas M, Neuhaus C, et al. Chest compression synchronized ventilation versus intermittent positive pressure ventilation during cardiopulmonary resuscitation in a pig model. *PLoS One* 2015;10(5):e0127759.
41. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293(3):305–10.
42. Olasveengen TM, de Caen AR, Mancini ME, et al. 2017 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations summary. *Circulation* 2017;136(23):e424–e40.
43. Cha KC, Kim HJ, Shin HJ, Kim H, Lee KH, Hwang SO. Hemodynamic effect of external chest compressions at the lower end of the sternum in cardiac arrest patients. *J Emerg Med* 2013;44(3):691–7.
44. Kusunoki S, Tanigawa K, Kondo T, Kawamoto M, Yuge O. Safety of the inter-nipple line hand position landmark for chest compression. *Resuscitation* 2009;80(10):1175–80.
45. Orłowski JP. Optimum position for external cardiac compression in infants and young children. *Ann Emerg Med* 1986;15(6):667–73.
46. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult Basic Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 1):S41–S91.
47. Babbs CF, Kemeny AE, Quan W, Freeman G. A new paradigm for human resuscitation research using intelligent devices. *Resuscitation* 2008;77(3):306–15.
48. Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, et al. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 2006;71(2):137–45.
49. Stiell IG, Brown SP, Christenson J, et al. What is the role of chest compression depth during

out-of-hospital cardiac arrest resuscitation? Crit Care Med 2012;40(4):1192–8.

50. Stiell IG, Brown SP, Nichol G, et al. What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients? Circulation 2014;130(22):1962–70.

51. Idris AH, Guffey D, Pepe PE, et al. Chest compression rates and survival following out-of-hospital cardiac arrest. Crit Care Med 2015;43(4):840–8.

52. Kilgannon JH, Kirchhoff M, Pierce L, Aunchman N, Trzeciak S, Roberts BW. Association between chest compression rates and clinical outcomes following in-hospital cardiac arrest at an academic tertiary hospital. Resuscitation 2017;110:154–61.

53. Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P, et al. Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest. Circulation 2005;111(4):428–34.

54. Hwang SO, Cha KC, Kim K, et al. A Randomized Controlled Trial of Compression Rates during Cardiopulmonary Resuscitation. J Korean Med Sci 2016;31(9):1491–8.

55. Vadeboncoeur T, Stolz U, Panchal A, et al. Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2014;85(2):182–8.

56. Yannopoulos D, McKnite S, Aufderheide TP, et al. Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. Resuscitation 2005;64(3):363–72.

57. Johnson BV, Coult J, Fahrenbruch C, et al. Cardiopulmonary resuscitation duty cycle in out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2015;87:86–90.

58. Wolfe H, Morgan RW, Donoghue A, et al. Quantitative analysis of duty cycle in pediatric and adolescent in-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2016;106:65–9.

59. Talikowska M, Tohira H, Finn J. Cardiopulmonary resuscitation quality and patient survival outcome in cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. Resuscitation 2015;96:66–77.

60. Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, et al. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. Circulation 2009;120(13):1241–7.

61. Eftestol T, Sunde K, Steen PA. Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002;105(19):2270–3.
62. Cheskes S, Schmicker RH, Christenson J, et al. Perishock pause: an independent predictor of survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest. *Circulation* 2011;124(1):58–66.
63. Vaillancourt C, Everson-Stewart S, Christenson J, et al. The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2011;82(12):1501–7.
64. Cheskes S, Schmicker RH, Rea T, et al. Chest compression fraction: A time dependent variable of survival in shockable out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;97:129–35.
65. Jost D, Degrange H, Verret C, et al. DEFI 2005: a randomized controlled trial of the effect of automated external defibrillator cardiopulmonary resuscitation protocol on outcome from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2010;121(14):1614–22.
66. Beesems SG, Berdowski J, Hulleman M, Blom MT, Tijssen JG, Koster RW. Minimizing pre- and post-shock pauses during the use of an automatic external defibrillator by two different voice prompt protocols. A randomized controlled trial of a bundle of measures. *Resuscitation* 2016;106:1–6.
67. Rea TD, Helbock M, Perry S, et al. Increasing use of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital ventricular fibrillation arrest: survival implications of guideline changes. *Circulation* 2006;114(25):2760–5.
68. Bobrow BJ, Clark LL, Ewy GA, et al. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2008;299(10):1158–65.
69. Sugerman NT, Edelson DP, Leary M, et al. Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. *Resuscitation* 2009;80(9):981–4.
70. Perkins GD, Kocierz L, Smith SCL, McCulloch RA, Davies RP. Compression feedback devices over estimate chest compression depth when performed on a bed. *Resuscitation* 2009;80(1):79–82.

71. Beesems SG, Koster RW. Accurate feedback of chest compression depth on a manikin on a soft surface with correction for total body displacement. *Resuscitation* 2014;85(11):1439–43.
72. Nishisaki A, Maltese MR, Niles DE, et al. Backboards are important when chest compressions are provided on a soft mattress. *Resuscitation* 2012;83(8):1013–20.
73. Sato H, Komasaawa N, Ueki R, et al. Backboard insertion in the operating table increases chest compression depth: a manikin study. *J Anesth* 2011;25(5):770.
74. Song Y, Oh J, Lim T, Chee Y. A new method to increase the quality of cardiopulmonary resuscitation in hospital. 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); 2013: IEEE. p. 469–72.
75. Lee S, Oh J, Kang H, et al. Proper target depth of an accelerometer–based feedback device during CPR performed on a hospital bed: a randomized simulation study. *Am J Emerg Med* 2015;33(10):1425–9.
76. Oh J, Song Y, Kang B, et al. The use of dual accelerometers improves measurement of chest compression depth. *Resuscitation* 2012;83(4):500–4.
77. Ruiz de Gauna S, González–Otero DM, Ruiz J, Gutiérrez JJ, Russell JK. A feasibility study for measuring accurate chest compression depth and rate on soft surfaces using two accelerometers and spectral analysis. *Biomed Res Int* 2016;2016:6596040.
78. Holt J, Ward A, Mohamed T–Y, et al. The optimal surface for delivery of CPR: A systematic review and meta–analysis. *Resuscitation* 2020;155:159–64.
79. Iwami T, Kitamura T, Kiyohara K, Kawamura T. Dissemination of Chest Compression–Only Cardiopulmonary Resuscitation and Survival After Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2015;132(5):415–22.
80. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Bystander–initiated rescue breathing for out–of–hospital cardiac arrests of noncardiac origin. *Circulation* 2010;122(3):293–9.
81. Ogawa T, Akahane M, Koike S, Tanabe S, Mizoguchi T, Imamura T. Outcomes of chest compression only CPR versus conventional CPR conducted by lay people in patients with out of hospital

cardiopulmonary arrest witnessed by bystanders: nationwide population based observational study. *BMJ* 2011;342:c7106.

82. Svensson L, Bohm K, Castrén M, et al. Compression-only CPR or standard CPR in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2010;363(5):434–42.

83. Rea TD, Fahrenbruch C, Culley L, et al. CPR with chest compression alone or with rescue breathing. *N Engl J Med* 2010;363(5):423–33.

84. Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, et al. Effectiveness of bystander-initiated cardiac-only resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007;116(25):2900–7.

85. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Time-dependent effectiveness of chest compression-only and conventional cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin. *Resuscitation* 2011;82(1):3–9.

86. Olasveengen TM, Wik L, Steen PA. Standard basic life support vs. continuous chest compressions only in out-of-hospital cardiac arrest. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;52(7):914–9.

87. Panchal AR, Bobrow BJ, Spaite DW, et al. Chest compression-only cardiopulmonary resuscitation performed by lay rescuers for adult out-of-hospital cardiac arrest due to non-cardiac aetiologies. *Resuscitation* 2013;84(4):435–9.

88. Baskett P, Nolan J, Parr M. Tidal volumes which are perceived to be adequate for resuscitation. *Resuscitation* 1996;31(3):231–4.

89. Deshmukh HG, Weil MH, Gudipati CV, Trevino RP, Bisera J, Rackow EC. Mechanism of blood flow generated by precordial compression during CPR. I. Studies on closed chest precordial compression. *Chest* 1989;95(5):1092–9.

90. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, et al. Assisted ventilation does not improve outcome in a porcine model of single-rescuer bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 1997;95(6):1635–41.

91. Berg RA, Sanders AB, Kern KB, et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation

cardiac arrest. *Circulation* 2001;104(20):2465–70.

92. Hasegawa K, Hiraide A, Chang Y, Brown DF. Association of prehospital advanced airway management with neurologic outcome and survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2013;309(3):257–66.

93. Tanabe S, Ogawa T, Akahane M, et al. Comparison of neurological outcome between tracheal intubation and supraglottic airway device insertion of out-of-hospital cardiac arrest patients: a nationwide, population-based, observational study. *J Emerg Med* 2013;44(2):389–97.

94. Benger JR, Kirby K, Black S, et al. Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320(8):779–91.

95. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, et al. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320(8):769–78.

96. McMullan J, Gerecht R, Bonomo J, et al. Airway management and out-of-hospital cardiac arrest outcome in the CARES registry. *Resuscitation* 2014;85(5):617–22.

97. Bobrow BJ, Ewy GA, Clark L, et al. Passive oxygen insufflation is superior to bag-valve-mask ventilation for witnessed ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 2009;54(5):656–62.e1.

98. Braunfels S, Meinhard K, Zieher B, Koetter KP, Maleck WH, Petroianu GA. A randomized, controlled trial of the efficacy of closed chest compressions in ambulances. *Prehosp Emerg Care* 1997;1(3):128–31.

99. Havel C, Schreiber W, Trimmel H, et al. Quality of closed chest compression on a manikin in ambulance vehicles and flying helicopters with a real time automated feedback. *Resuscitation* 2010;81(1):59–64.

100. Lipman SS, Wong JY, Arafah J, Cohen SE, Carvalho B. Transport decreases the quality of cardiopulmonary resuscitation during simulated maternal cardiac arrest. *Anesth Analg*

2013;116(1):162–7.

101. Sunde K, Wik L, Steen PA. Quality of mechanical, manual standard and active compression-decompression CPR on the arrest site and during transport in a manikin model. *Resuscitation* 1997;34(3):235–42.

102. Blake WE, Stillman BC, Eizenberg N, Briggs C, McMeeken JM. The position of the spine in the recovery position—an experimental comparison between the lateral recovery position and the modified HAINES position. *Resuscitation* 2002;53(3):289–97.

103. Swor RA, Jackson RE, Cynar M, et al. Bystander CPR, ventricular fibrillation, and survival in witnessed, unmonitored out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1995;25(6):780–4.

104. Valenzuela TD, Roe DJ, Cretin S, Spaite DW, Larsen MP. Estimating effectiveness of cardiac arrest interventions: a logistic regression survival model. *Circulation* 1997;96(10):3308–13.

105. Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Incidence, duration and survival of ventricular fibrillation in out-of-hospital cardiac arrest patients in sweden. *Resuscitation* 2000;44(1):7–17.

106. Folke F, Lippert FK, Nielsen SL, et al. Location of cardiac arrest in a city center: strategic placement of automated external defibrillators in public locations. *Circulation* 2009;120(6):510–7.

107. Hazinski MF, Idris AH, Kerber RE, et al. Lay rescuer automated external defibrillator ("public access defibrillation") programs: lessons learned from an international multicenter trial: advisory statement from the American Heart Association Emergency Cardiovascular Committee; the Council on Cardiopulmonary, Perioperative, and Critical Care; and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation* 2005;111(24):3336–40.

108. Nichol G, Hallstrom AP, Ornato JP, et al. Potential cost-effectiveness of public access defibrillation in the United States. *Circulation* 1998;97(13):1315–20.

109. Rea TD, Olsufka M, Bemis B, et al. A population-based investigation of public access defibrillation: role of emergency medical services care. *Resuscitation* 2010;81(2):163–7.

110. Weisfeldt ML, Kerber RE, McGoldrick RP, et al. Public access defibrillation. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association Task Force on Automatic External

Defibrillation. *Circulation* 1995;92(9):2763.

111. Weisfeldt ML, Sitlani CM, Ornato JP, et al. Survival after application of automatic external defibrillators before arrival of the emergency medical system: evaluation in the resuscitation outcomes consortium population of 21 million. *J Am Coll Cardiol* 2010;55(16):1713–20.

112. Hallstrom AP, Ornato JP, Weisfeldt M, et al. Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004;351(7):637–46.

113. Andersen LW, Holmberg MJ, Granfeldt A, et al. Neighborhood characteristics, bystander automated external defibrillator use, and patient outcomes in public out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;126:72–9.

114. Aschieri D, Penela D, Pelizzoni V, et al. Outcomes after sudden cardiac arrest in sports centres with and without on-site external defibrillators. *Heart* 2018;104(16):1344–9.

115. Bækgaard JS, Viereck S, Møller TP, Ersbøll AK, Lippert F, Folke F. The Effects of Public Access Defibrillation on Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Systematic Review of Observational Studies. *Circulation* 2017;136(10):954–65.

116. Berdowski J, Blom MT, Bardai A, Tan HL, Tijssen JG, Koster RW. Impact of onsite or dispatched automated external defibrillator use on survival after out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2011;124(20):2225–32.

117. Capucci A, Aschieri D, Piepoli MF, Bardy GH, Iconomu E, Arvedi M. Tripling survival from sudden cardiac arrest via early defibrillation without traditional education in cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2002;106(9):1065–70.

118. Capucci A, Aschieri D, Guerra F, et al. Community-based automated external defibrillator only resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest patients. *Am Heart J* 2016;172:192–200.

119. Claesson A, Herlitz J, Svensson L, et al. Defibrillation before EMS arrival in western Sweden. *Am J Emerg Med* 2017;35(8):1043–8.

120. Colquhoun MC, Chamberlain DA, Newcombe RG, et al. A national scheme for public access defibrillation in England and Wales: early results. *Resuscitation* 2008;78(3):275–80.

121. Culley LL, Rea TD, Murray JA, et al. Public access defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a community-based study. *Circulation* 2004;109(15):1859–63.
122. Dicker B, Davey P, Smith T, Beck B. Incidence and outcomes of out-of-hospital cardiac arrest: A New Zealand perspective. *Emerg Med Australas* 2018;30(5):662–71.
123. Edwards MJ, Fothergill RT. Exercise-related sudden cardiac arrest in London: incidence, survival and bystander response. *Open Heart* 2015;2(1):e000281.
124. Fleischhackl R, Roessler B, Domanovits H, et al. Results from Austria's nationwide public access defibrillation (ANPAD) programme collected over 2 years. *Resuscitation* 2008;77(2):195–200.
125. Fordyce CB, Hansen CM, Kragholm K, et al. Association of Public Health Initiatives With Outcomes for Out-of-Hospital Cardiac Arrest at Home and in Public Locations. *JAMA Cardiol* 2017;2(11):1226–35.
126. Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Kobayashi H, et al. Public access defibrillation and outcomes after pediatric out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;111:1–7.
127. Garcia EL, Caffrey-Villari S, Ramirez D, et al. [Impact of onsite or dispatched automated external defibrillator use on early survival after sudden cardiac arrest occurring in international airports]. *Presse Med* 2017;46(3):e63–e8.
128. Gianotto-Oliveira R, Gonzalez MM, Vianna CB, et al. Survival After Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest in the Sao Paulo Metropolitan Subway System: First Successful Targeted Automated External Defibrillator (AED) Program in Latin America. *J Am Heart Assoc* 2015;4(10):e002185.
129. Hansen SM, Hansen CM, Folke F, et al. Bystander Defibrillation for Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Public vs Residential Locations. *JAMA Cardiol* 2017;2(5):507–14.
130. Holmberg MJ, Vognsen M, Andersen MS, Donnino MW, Andersen LW. Bystander automated external defibrillator use and clinical outcomes after out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2017;120:77–87.
131. Karam N, Marijon E, Dumas F, et al. Characteristics and outcomes of out-of-hospital sudden cardiac arrest according to the time of occurrence. *Resuscitation* 2017;116:16–21.

132. Kiguchi T, Kiyohara K, Kitamura T, et al. Public-Access Defibrillation and Survival of Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Public vs. Residential Locations in Japan. *Circ J* 2019;83(8):1682-8.
133. Kim JH, Uhm TH. Survival to admission after out-of-hospital cardiac arrest in Seoul, South Korea. *Open Access Emerg Med* 2014;6:63-8.
134. Kitamura T, Kiyohara K, Sakai T, et al. Public-Access Defibrillation and Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Japan. *N Engl J Med* 2016;375(17):1649-59.
135. Kuisma M, Castrén M, Nurminen K. Public access defibrillation in Helsinki--costs and potential benefits from a community-based pilot study. *Resuscitation* 2003;56(2):149-52.
136. Matsui S, Kitamura T, Sado J, et al. Location of arrest and survival from out-of-hospital cardiac arrest among children in the public-access defibrillation era in Japan. *Resuscitation* 2019;140:150-8.
137. Nakahara S, Tomio J, Ichikawa M, et al. Association of Bystander Interventions With Neurologically Intact Survival Among Patients With Bystander-Witnessed Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Japan. *JAMA* 2015;314(3):247-54.
138. Nas J, Thannhauser J, Herrmann JJ, et al. Changes in automated external defibrillator use and survival after out-of-hospital cardiac arrest in the Nijmegen area. *Neth Heart J* 2018;26(12):600-5.
139. Nehme Z, Andrew E, Bernard S, Haskins B, Smith K. Trends in survival from out-of-hospital cardiac arrests defibrillated by paramedics, first responders and bystanders. *Resuscitation* 2019;143:85-91.
140. Pollack RA, Brown SP, Rea T, et al. Impact of Bystander Automated External Defibrillator Use on Survival and Functional Outcomes in Shockable Observed Public Cardiac Arrests. *Circulation* 2018;137(20):2104-13.
141. Ringh M, Jonsson M, Nordberg P, et al. Survival after Public Access Defibrillation in Stockholm, Sweden--A striking success. *Resuscitation* 2015;91:1-7.
142. Takeuchi I, Nagasawa H, Jitsuiki K, Kondo A, Ohsaka H, Yanagawa Y. Impact of Automated

External Defibrillator as a Recent Innovation for the Resuscitation of Cardiac Arrest Patients in an Urban City of Japan. *J Emerg Trauma Shock* 2018;11(3):217–20.

143. Tay PJM, Pek PP, Fan Q, et al. Effectiveness of a community based out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) interventional bundle: Results of a pilot study. *Resuscitation* 2020;146:220–8.

144. Perkins GD, Handley AJ, Koster RW, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation* 2015;95:81–99.

145. Ringh M, Hollenberg J, Palsgaard-Moeller T, et al. The challenges and possibilities of public access defibrillation. *J Intern Med* 2018;283(3):238–56.

146. Myat A, Baumbach A. Public-access defibrillation: a call to shock. *Lancet* 2019;394(10216):2204–6.

147. Ringh M, Rosenqvist M, Hollenberg J, et al. Mobile-phone dispatch of laypersons for CPR in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2015;372(24):2316–25.

148. Berglund E, Claesson A, Nordberg P, et al. A smartphone application for dispatch of lay responders to out-of-hospital cardiac arrests. *Resuscitation* 2018;126:160–5.

149. Zijlstra JA, Stieglis R, Riedijk F, Smeekes M, van der Worp WE, Koster RW. Local lay rescuers with AEDs, alerted by text messages, contribute to early defibrillation in a Dutch out-of-hospital cardiac arrest dispatch system. *Resuscitation* 2014;85(11):1444–9.

150. Hickey RW, Cohen DM, Strausbaugh S, Dietrich AM. Pediatric patients requiring CPR in the prehospital setting. *Ann Emerg Med* 1995;25(4):495–501.

151. Atkins DL, Everson-Stewart S, Sears GK, et al. Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest in children: the Resuscitation Outcomes Consortium Epistry-Cardiac Arrest. *Circulation* 2009;119(11):1484–91.

152. Kuisma M, Suominen P, Korpela R. Paediatric out-of-hospital cardiac arrests—epidemiology and outcome. *Resuscitation* 1995;30(2):141–50.

153. Mogayzel C, Quan L, Graves JR, Tiedeman D, Fahrenbruch C, Herndon P. Out-of-hospital

ventricular fibrillation in children and adolescents: causes and outcomes. *Ann Emerg Med* 1995;25(4):484–91.

154. Cecchin F, Jorgenson DB, Berul CI, et al. Is arrhythmia detection by automatic external defibrillator accurate for children?: sensitivity and specificity of an automatic external defibrillator algorithm in 696 pediatric arrhythmias. *Circulation* 2001;103(20):2483–8.

155. König B, Bengler J, Goldsworthy L. Automatic external defibrillation in a 6 year old. *Arch Dis Child* 2005;90(3):310–1.

156. Samson RA, Berg RA, Bingham R, et al. Use of automated external defibrillators for children: an update: an advisory statement from the pediatric advanced life support task force, International Liaison Committee on Resuscitation. *Circulation* 2003;107(25):3250–5.

157. Jorgenson D, Morgan C, Snyder D, et al. Energy attenuator for pediatric application of an automated external defibrillator. *Crit Care Med* 2002;30(4 Suppl):S145–7.

158. Bar-Cohen Y, Walsh EP, Love BA, Cecchin F. First appropriate use of automated external defibrillator in an infant. *Resuscitation* 2005;67(1):135–7.

159. Chan PS, Krumholz HM, Nichol G, Nallamothu BK. Delayed time to defibrillation after in-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2008;358(1):9–17.

160. Hanefeld C, Lichte C, Mentges-Schröter I, Sirtl C, Mügge A. Hospital-wide first-responder automated external defibrillator programme: 1 year experience. *Resuscitation* 2005;66(2):167–70.

161. Gombotz H, Weh B, Mitterndorfer W, Rehak P. In-hospital cardiac resuscitation outside the ICU by nursing staff equipped with automated external defibrillators—the first 500 cases. *Resuscitation* 2006;70(3):416–22.

162. Kaye W, Mancini ME, Richards N. Organizing and implementing a hospital-wide first-responder automated external defibrillation program: strengthening the in-hospital chain of survival. *Resuscitation* 1995;30(2):151–6.

163. Vilke GM, Smith AM, Ray LU, Steen PJ, Murrin PA, Chan TC. Airway obstruction in children aged less than 5 years: the prehospital experience. *Prehosp Emerg Care* 2004;8(2):196–9.

164. Igarashi Y, Yokobori S, Yoshino Y, Masuno T, Miyauchi M, Yokota H. Prehospital removal improves neurological outcomes in elderly patient with foreign body airway obstruction. *Am J Emerg Med* 2017;35(10):1396–9.
165. Redding JS. The choking controversy: critique of evidence on the Heimlich maneuver. *Crit Care Med* 1979;7(10):475–9.
166. Boussuges S, Maitrerobert P, Bost M. The heimlich pressure movement to save children with an asphyxiating foreign body in the respiratory tract. *Medecine Infantile* 1984;91(5):467–71.
167. Soroudi A, Shipp HE, Stepanski BM, et al. Adult foreign body airway obstruction in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care* 2007;11(1):25–9.
168. Heimlich HJ. The Heimlich Maneuver: prevention of death from choking on foreign bodies. *J Occup Med* 1977;19(3):208–10.
169. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA. Airway pressure with chest compressions versus Heimlich manoeuvre in recently dead adults with complete airway obstruction. *Resuscitation* 2000;44(2):105–8.
170. Guildner CW, Williams D, Subitch T. Airway obstructed by foreign material: the Heimlich maneuver. *JACEP* 1976;5(9):675–7.
171. Hartrey R, Bingham RM. Pharyngeal trauma as a result of blind finger sweeps in the choking child. *J Accid Emerg Med* 1995;12(1):52–4.
172. Kinoshita K, Azuhata T, Kawano D, Kawahara Y. Relationships between pre-hospital characteristics and outcome in victims of foreign body airway obstruction during meals. *Resuscitation* 2015;88:63–7.
173. Abder-Rahman HA. Infants choking following blind finger sweep. *J Pediatr (Rio J)* 2009;85(3):273–5.
174. Gjoni D MD, Banerjee A and James KK. An unusual complication of an attempt to open the airway in a choking child. *Br J Hosp Med* 2009;70:595.
175. Mori T, Inoue N. Nasopharyngeal foreign body triggered by a blind finger sweep. *BMJ Case*

Rep 2016;2016:bcr2016216536.

176. Sakai T, Kitamura T, Iwami T, et al. Effectiveness of prehospital Magill forceps use for out-of-hospital cardiac arrest due to foreign body airway obstruction in Osaka City. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2014;22:53.

177. World Health Organization. Drowning. Geneva, Switzerland: World Health Organization. (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drowning>)

178. Hubert H, Escutnaire J, Michelet P, et al. Can we identify termination of resuscitation criteria in cardiac arrest due to drowning: results from the French national out-of-hospital cardiac arrest registry. *J Eval Clin Pract* 2016;22(6):924–31.

179. Tobin JM, Ramos WD, Pu Y, Wernicki PG, Quan L, Rossano JW. Bystander CPR is associated with improved neurologically favourable survival in cardiac arrest following drowning. *Resuscitation* 2017;115:39–43.

180. Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Hayashida K, Kukita I. Association of bystander cardiopulmonary resuscitation and neurological outcome after out-of-hospital cardiac arrest due to drowning in Japan, 2013–2016. *Resuscitation* 2019;141:111–20.

181. Tobin JM, Ramos WD, Greenshields J, et al. Outcome of Conventional Bystander Cardiopulmonary Resuscitation in Cardiac Arrest Following Drowning. *Prehosp Disaster Med* 2020;35(2):141–7.

182. Cohen N, Scolnik D, Rimon A, Balla U, Glatstein M. Childhood Drowning: Review of Patients Presenting to the Emergency Departments of 2 Large Tertiary Care Pediatric Hospitals Near and Distant From the Sea Coast. *Pediatr Emerg Care* 2020;36(5):e258–e62.

183. El-Assaad I, Al-Kindi SG, McNally B, et al. Automated External Defibrillator Application Before EMS Arrival in Pediatric Cardiac Arrests. *Pediatrics* 2018;142(4):e20171903.

184. Lungwitz YP, Nussbaum BL, Paulat K, Muth CM, Kranke P, Winkler BE. A novel rescue-tube device for in-water resuscitation. *Aerosp Med Hum Perform* 2015;86(4):379–85.

185. Winkler BE, Eff AM, Eff S, et al. Efficacy of ventilation and ventilation adjuncts during

in-water-resuscitation—a randomized cross-over trial. *Resuscitation* 2013;84(8):1137–42.

186. Szpilman D, Soares M. In-water resuscitation—is it worthwhile? *Resuscitation* 2004;63(1):25–31.

187. Seesink J, Nieuwenburg SAV, van der Linden T, Bierens J. Circumstances, outcome and quality of cardiopulmonary resuscitation by lifeboat crews. *Resuscitation* 2019;142:104–10.

188. Barcala-Furelos R, Abelairas-Gomez C, Palacios-Aguilar J, et al. Can surf-lifeguards perform a quality cardiopulmonary resuscitation sailing on a lifeboat? A quasi-experimental study. *Emerg Med J* 2017;34(6):370–5.

189. Fungueiriño-Suárez R, Barcala-Furelos R, González-Fermoso M, et al. Coastal Fishermen as Lifesavers While Sailing at High Speed: A Crossover Study. *Biomed Res Int* 2018;2018:2747046.

190. Guru V, Verbeek PR, Morrison LJ. Response of paramedics to terminally ill patients with cardiac arrest: an ethical dilemma. *CMAJ* 1999;161(10):1251–4.

191. Wiese CH, Bartels UE, Zausig YA, Pfirstinger J, Graf BM, Hanekop GG. Prehospital emergency treatment of palliative care patients with cardiac arrest: a retrospective investigation. *Support Care Cancer* 2010;18(10):1287–92.

192. Miller W, Levy P, Lamba S, Zalenski RJ, Compton S. Descriptive analysis of the in-hospital course of patients who initially survive out-of-hospital cardiac arrest but die in-hospital. *J Palliat Med* 2010;13(1):19–22.

193. Beauchamp T, Childress J. *Principles of Biomedical Ethics*. 6th ed: Oxford University Press; 2008.

194. Simon JR. Refusal of care: the physician-patient relationship and decisionmaking capacity. *Ann Emerg Med* 2007;50(4):456–61.

195. Silveira MJ, Kim SY, Langa KM. Advance directives and outcomes of surrogate decision making before death. *N Engl J Med* 2010;362(13):1211–8.

196. Mo HN, Shin DW, Woo JH, et al. Is patient autonomy a critical determinant of quality of life in Korea? End-of-life decision making from the perspective of the patient. *Palliat Med*

2012;26(3):222–31.

197. Lee JK, Keam B, An AR, et al. Surrogate decision-making in Korean patients with advanced cancer: a longitudinal study. *Support Care Cancer* 2013;21(1):183–90.

198. Wright AA, Zhang B, Ray A, et al. Associations between end-of-life discussions, patient mental health, medical care near death, and caregiver bereavement adjustment. *JAMA* 2008;300(14):1665–73.

199. Korea National Institute for Bioethics Policy. Annual Report of the Decision on Life-sustaining Treatment 2019. Seoul, Korea: KONIBP. (http://www.nibp.kr/xe/act2_1/202510)

200. The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. Do Not Attempt Resuscitation (DNAR) Decisions in the Perioperative Period. London, UK: The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland; 2009.

201. Morrison LJ, Kierzek G, Diekema DS, et al. Part 3: ethics: 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2010;122(18 Suppl 3):S665–S75.

202. Mancini ME, Diekema DS, Hoadley TA, et al. Part 3: ethical issues: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S383–S96.

203. Sherbino J, Guru V, Verbeek PR, Morrison LJ. Prehospital emergency medical services' ethical dilemma with do-not-resuscitate orders. *CJEM* 2000;2(4):246–51.

204. Kang HJ, Eo EK, Jung JH, Bae HA. A Retrospective Analysis to Determine Criteria for Termination of Resuscitation (TOR) for a Patient with an Out-of-Hospital Cardiac Arrest (OHCA) who Presents at the Emergency Department (ED). *J Korean Soc Emerg Med* 2010;21(5):546–53.

205. Payne JK, Thornlow DK. Clinical perspectives on portable do-not-resuscitate orders. *J Gerontol Nurs* 2008;34(10):11–6.

206. Paris JJ. What standards apply to resuscitation at the borderline of gestational age? *J Perinatol* 2005;25(11):683–4.

207. Eckstein M, Stratton SJ, Chan LS. Termination of Resuscitative Efforts for Out-of-hospital Cardiac Arrests. *Acad Emerg Med* 2005;12(1):65–70.
208. Weisfeldt M, Sugarman J, Bandeen–Roche K. Toward definitive trials and improved outcomes of cardiac arrest. *Circulation* 2010;121(14):1586–8.
209. Dickert N, Sugarman J. Ethical goals of community consultation in research. *Am J Public Health* 2005;95(7):1123–7.
210. Tisherman SA, Powell JL, Schmidt TA, et al. Regulatory challenges for the resuscitation outcomes consortium. *Circulation* 2008;118(15):1585–92.
211. Dickert N, Sugarman J. Getting the ethics right regarding research in the emergency setting: lessons from the PolyHeme study. *Kennedy Inst Ethics J* 2007;17(2):153–69.
212. Food Drug Administration. Protection of human subjects; informed consent–FDA. Final rule. *Fed Regist* 1996;61(192):51498–533.
213. Christian MD, Loutfy M, McDonald LC, et al. Possible SARS coronavirus transmission during cardiopulmonary resuscitation. *Emerg Infect Dis* 2004;10(2):287–93.
214. Nam HS, Yeon MY, Park JW, Hong JY, Son JW. Healthcare worker infected with Middle East Respiratory Syndrome during cardiopulmonary resuscitation in Korea, 2015. *Epidemiol Health* 2017;39:e2017052.
215. Kim WY, Choi W, Park SW, et al. Nosocomial transmission of severe fever with thrombocytopenia syndrome in Korea. *Clin Infect Dis* 2015;60(11):1681–3.
216. Rosell Ortiz F, Fernández Del Valle P, Knox EC, et al. Influence of the Covid–19 pandemic on out–of–hospital cardiac arrest. A Spanish nationwide prospective cohort study. *Resuscitation* 2020;157:230–40.
217. Baldi E, Sechi GM, Mare C, et al. Treatment of out–of–hospital cardiac arrest in the COVID–19 era: A 100 days experience from the Lombardy region. *PLoS One* 2020;15(10):e0241028.
218. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS–CoV–2 as Compared with SARS–CoV–1. *N Engl J Med* 2020;382(16):1564–7.

219. Tian Y, Tu X, Zhou X, et al. Wearing a N95 mask increases rescuer's fatigue and decreases chest compression quality in simulated cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.05.065>.
220. Ott M, Milazzo A, Liebau S, et al. Exploration of strategies to reduce aerosol–spread during chest compressions: A simulation and cadaver model. *Resuscitation* 2020;152:192–8.

제 4장

전문소생술

차경철¹, 김동혁², 박승민³, 박정수⁴, 이동건³, 이병국⁵, 이종환⁶, 정우진¹, 황성오¹, 김영민⁷, 박준동⁸, 김한석⁸, 이미진⁹, 나상훈¹⁰, 김애란¹¹, 2020년 심폐소생술 가이드라인 전문소생술 위원회

연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹, 성균관대학교 의과대학 마취통증의학교실², 서울대학교 의과대학 응급의학교실³, 충남대학교 의과대학 응급의학교실⁴, 전남대학교 의과대학 응급의학교실⁵, 이화여자대학교 의과대학 내과학교실⁶, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 서울대학교 의과대학 소아과학교실⁸, 경북대학교 의과대학 응급의학교실⁹, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁰, 한림대학교 의과대학 응급의학교실¹¹, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실¹²

I.

2020년 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 전문소생술 순서

2020년 전문소생술 가이드라인은 전문소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 소아 기본소생술 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다.¹ 임상적 중요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 이용하였다.

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 근거 수준 A로부터 가장 낮은 수준인 근거 수준 C로 구분되었다(표 2 참조).² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를

토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).^{2,3} 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험보다 매우 큰 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III(harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항

2020년 전문소생술 가이드라인 중 2015년 가이드라인과 비교하여 변경된 내용은 다음과 같다.

1) 전문기도유지술

의료종사자는 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 하는 동안 백마스크 기구 또는 전문기도기 삽관 중 한 가지 방법을 사용할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R). 단, 성인 병원밖 심장정지 환자에게 심폐소생술을 하는 동안 전문기도기를 삽관하는 경우, 기관내삽관에 대한 충분한 훈련과 경험이 없는 응급의료종사자는 성문상 기도기를 사용하고, 기관내삽관은 기관내삽관에 대한 충분한 훈련과 경험이 있는 응급의료종사자만 하는 것을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).

성인 병원내 심장정지 환자에게 심폐소생술을 할 때는 전문기도기로서 성문상 기도기 또는 기관내삽관 중 한 가지 방법을 사용할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).

2) 심장정지 중 항부정맥제의 사용

불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥 성인 심장정지 환자에게 아미오다론 또는 리도카인을 투여한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R). 불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥 성인 환자에게 일상적으로 마그네슘을 사용하는 것은 권고되지 않는다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD).

심실세동/무맥성 심실빈맥으로부터 순환 회복된 성인 심장정지 환자에게 소생 직후 예방적 항부정맥제의 효과는 근거가 불충분하므로 통상적으로 투여하는 것은 권고하지 않는다(권고 등급: 결정 유보, 근거 수준 C-LD).

3) 심장정지 중 혈관수축제의 사용

성인 심장정지 환자에 대한 전문소생술 중 환자에게서 관찰되는 심전도 리듬과 관계없이 에피네프린을 투여한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-R). 성인 심장정지 환자의 심폐소생술 중에 1mg의 에피네프린을 3-5분 간격으로 투여하는 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

충격불필요리듬(무맥성 전기활동/무수축)인 경우, 심폐소생술 중 가능한 빨리 에피네프린을 투여한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-R). 충격필요리듬(심실세동/무맥성 심실빈맥)의 경우, 심폐소생술 중 첫 제세동 시도 후 에피네프린을 투여한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

고용량 에피네프린 투여한 경우 기존의 투여량을 투여한 군에 비하여 자발순환회복률과 생존입원율이 향상되었다는 매우 낮은 수준의 근거가 발견되었으나, 생존퇴원율과 신경학적 예후를 향상시키지는 못했다. 따라서, 고용량의 에피네프린을 일상적으로 투여하는 것은 권고하지 않는다(권고 등급 III, 근거 수준 B-R). 다만, 소생술 경험이 많은 의사가 고용량의 에피네프린이 필요하다고 판단하는 경우 투여를 고려할 수도 있다.

심폐소생술 중 바소프레신은 첫 번째나 두 번째 에피네프린을 대신하거나 추가하여 투여를 고려할 수

있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

4) 제세동

병원밖 심장정지 또는 병원내 심장정지에서 충격필요리듬인 성인 환자에게 다중-누적 충격 수동제세동보다는 단일 충격 수동제세동을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).

충격필요리듬(심실세동/무맥성 심실빈맥)인 병원내 또는 병원밖 심장정지 환자에게 표준 방법의 제세동 대신 이중 연속 제세동을 일상적으로 하지 않도록 권고한다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD).

5) 약물 투여 경로

성인 심장정지 환자에게 약물 투여를 위한 경로로 골내주사보다는 정맥주사를 먼저 시도하도록 권고하며, 정맥주사에 실패했거나 정맥주사가 가능하지 않으면 골내주사를 하도록 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

6) 성인 심장정지에서 체외순환심폐소생술

체외순환을 할 수 있는 환경(인력 및 장비)을 갖춘 상황인 경우, 통상적인 심폐소생술에도 불구하고 순환회복이 되지 않은 환자 중에서 체외순환심폐소생술에 적합하다고 선택된 환자에게 체외순환심폐소생술을 할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

7) 흡기 산소농도

심폐소생술 중에는 고농도(100%)의 산소를 투여한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

8) 심폐소생술 중 생리적 모니터링

가용한 장비가 있는 경우, 성인 심장정지 환자에 대한 심폐소생술 중 환자의 자발순환이 회복되었는지를 예측하거나 임상 의사가 환자에 대한 치료를 결정하는 데에 참조할 수 있도록 호기말 이산화탄소 분압을 감시한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 가용한 장비가 있는 경우, 성인 심장정지 환자에 대한 심폐소생술 중 자발순환회복의 예측 또는 임상 의사의 치료 결정에 참조할 수 있도록 국소뇌산소포화도(regional cerebral oxygen saturation)를 감시할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

9) 심폐소생술 중 초음파 사용

심폐소생술 중 관찰된 (심장)초음파 소견만으로 소생술의 예후를 예측하기는 어렵다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD). 다만, 심폐소생술을 방해하지 않는다면 심장정지의 원인을 확인하거나 심근의 수축 여부를 판단하는 데에 초음파를 적용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

10) 혈액학적 지표 중심의 심폐소생술

성인 심장정지 환자에게 특정 혈액학적 지표를 중심으로 심폐소생술을 하는 것이 표준 심폐소생술보다 치료 결과에 긍정적인 영향을 주는지는 알 수 없으므로, 심폐소생술 중 특정 혈액학적 지표를 활용하는 것을 권고하지 않는다(권고 등급: 결정 유보, 근거 수준 C-LD).

11) 심폐소생술 중 피드백장치의 사용

소생 결과를 개선하려는 방법 또는 포괄적 품질개선 방법과는 독립적인 수단으로서 실시간 심폐소생술 피드백장치를 새롭게 도입하여 일상적으로 사용하는 것은 권고하지 않는다(권고 등급 III, 근거 수준

B-NR). 다만, 현재 실시간 심폐소생술 피드백장치를 사용하고 있는 시스템에서는 피드백장치가 심각한 위해를 유발한다는 증거가 없다는 점을 고려할 때 피드백장치를 계속 사용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-NR).

12) 폐동맥 색전증에 의한 심장정지

폐동맥 색전증이 심장정지의 원인으로 의심되는 경우 혈전용해제를 투여할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 폐동맥 색전증이 진단되었거나, 의심되는 심장정지 환자에게 혈전용해제 투여, 수술적 색전 제거술 또는 경피혈전제거술(percutaneous mechanical thrombectomy)을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

13) 코로나19 감염 혹은 감염 의심환자의 전문소생술

코로나 감염 또는 감염이 의심되는 성인과 소아 심장정지 환자에게 가슴압박과 심폐소생술을 하는 과정에서 에어로졸이 발생할 가능성이 있으므로, 전문기도를 삽관하지 않은 상태(기본소생술)에서는 환자에게 마스크를 씌운 후 가슴압박을 한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

코로나 감염 또는 감염이 의심되는 성인과 소아 심장정지 환자에서의 가슴압박과 심폐소생술 시행은 에어로졸을 발생시킬 가능성이 있으므로, 전문기도를 삽관한 상태에서 가슴압박을 할 때는 가능한 기도 필터(airway filter)를 연결한 후 인공호흡을 한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

3. 전문소생술 순서

2020년 전문소생술 가이드라인에서는 병원내 심장정지와 병원밖 심장정지의 치료 과정에서 전문기도기의 사용, 현장 초음파 사용에 대하여 구분되어 제안되었고 현장 전문소생술 후 병원 이송 시간에 대한 고려가 포함됨으로써, 2015년 가이드라인과는 달리 병원 내와 병원밖 심장정지 상황을 분리하여 전문소생술 순서를 제안하였다.

전문소생술이 진행되는 모든 과정에서 심폐소생술이 수행되어야 한다. 기본소생술을 하는 도중 전문소생술 팀이 도착하면 즉시 제세동 전극을 부착하여 심전도 리듬을 감시하고 분석 결과에 따라 치료 방침을 결정한다. 치료 방침을 신속히 결정하려면 심전도를 판독 능력이 있는 구조자가 수동제세동기를 사용하여 심전도 리듬을 분석한다. 또한, 전문소생술 팀의 모든 구성원은 전문소생술 순서를 이해하고 숙지하여 전문소생술이 효율적으로 진행되도록 한다.

1) 병원내 심장정지에 대한 전문소생술

전문소생술 팀이 기본소생술 시행 중인 병원내 심장정지 현장에 도착하면 즉시 제세동기의 전극을 환자에게 부착하여 심장정지 리듬을 확인한다. 전문소생술 팀의 구조 인력이 충분하면 고품질 심폐소생술을 위해 가슴압박과 인공호흡 역할을 교대한다. 전문기도기가 삽입되지 않은 상태라면 가슴압박과 인공호흡의 비율은 30:2로 유지하고 인공호흡 시 100%의 산소를 투여한다. 심장정지 리듬은 심실세동, 무맥성 심실빈맥, 무수축, 무맥성 전기활동으로 구별된다. 심실세동과 무맥성 심실빈맥은 제세동(충격)으로 치료할 수 있으므로 충격필요리듬(shockable rhythm)이라고 하고 무수축과 무맥성 전기활동은 제세동이 필요치 않으므로 충격불필요리듬(non-shockable)이라고도 한다. 무맥성 심실빈맥과 무맥성 전기활동 리듬이면 목동맥에서 맥박이 없음을 확인한다. 심장정지를 치료하는 동안 심전도 리듬이 바뀔 수 있으므로, 전문소생술 중 확인되는 심전도 리듬에 따라 적절한 치료 방법을 선택한다(그림 26).

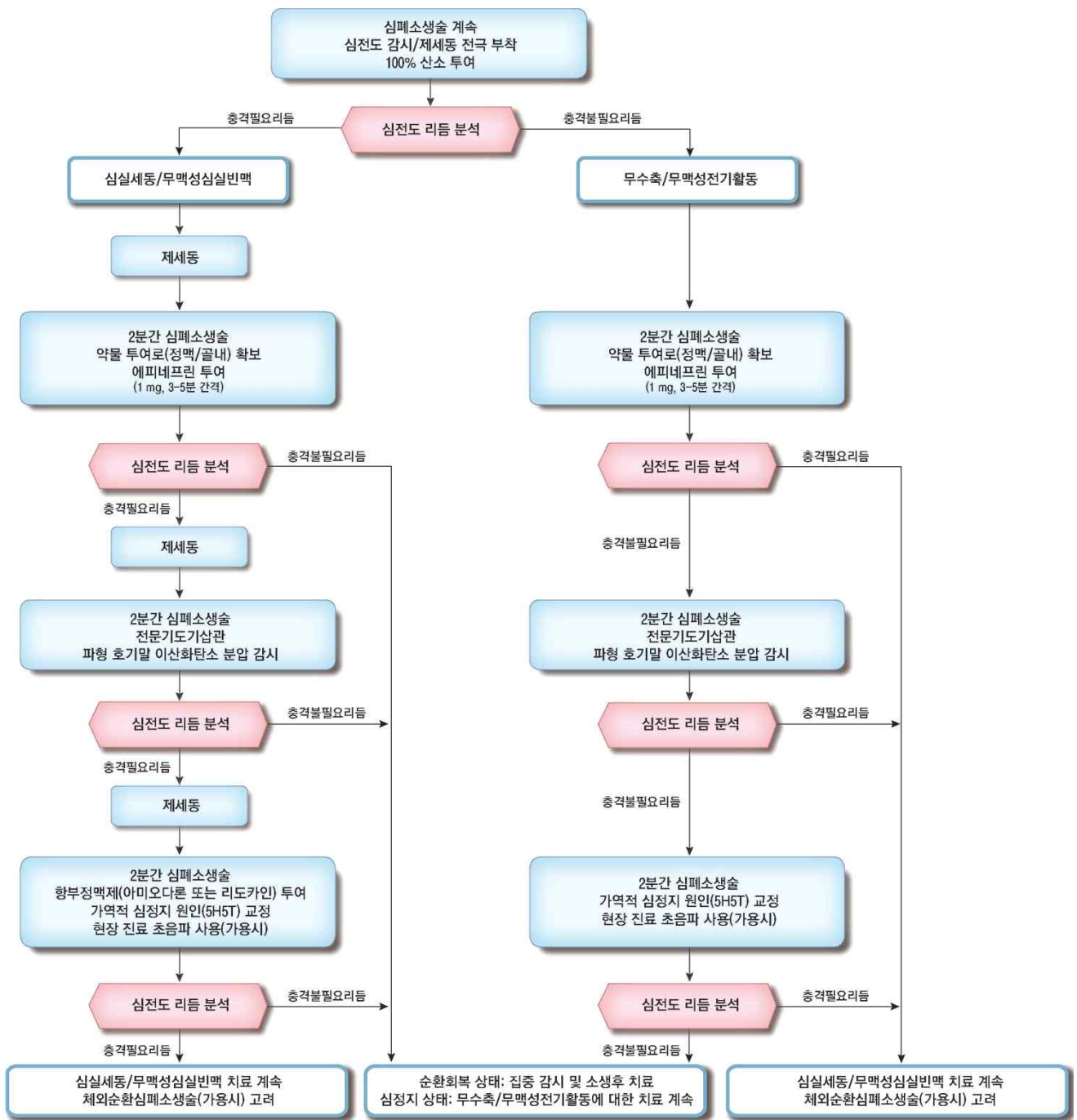


그림 26. 병원내 심장정지에 대한 전문소생술 순서

① 충격필요리듬(심실세동 또는 무맥성 심실빈맥)의 치료 과정

심전도 분석 결과에 따라 충격필요리듬이 관찰된 경우 즉시 제세동(이상 파형 제세동기 120~200J, 단상 파형 제세동기 360 J)을 시행하며, 제세동 후에는 심전도 리듬을 분석하지 않고 2분간 심폐소생술을 한다. 이상 파형 제세동기를 사용하는 경우에 제조사에서 권장하는 제세동 에너지양을 알 수 없다면, 200J로 제세동한다. 심폐소생술이 진행되는 동안 정맥주사로 또는 골내주사로를 확보하고 1mg의 에피네프린을 덩이주사(bolus)하고 생리식염수를 추가 투여하여 에피네프린이 순환계로 신속히 들어갈 수 있도록 한다. 에피네프린은 자발순환이 회복되거나, 전문소생술이 끝날 때까지 3~5분 간격으로 반복 투여한다. 2분 후 심전도 리듬을 다시 확인하여 충격필요리듬이 관찰되면 다시 제세동을 시행하고 심폐소생술을 계속한다. 두 번째 제세동부터는 첫 에너지 권고량과 같거나 높은 에너지로 제세동을 한다. 고품질 심폐소생술이 진행되고 에피네프린이 적절히 투여되고 있다면 전문기도기를 삽관할 수 있다. 전문기도기가 삽관되면 가슴압박을 중단하지 않고 인공호흡을 할 수 있다. 전문기도기가 삽관된 후에는 6초당 1회(분당 10회)의 속도로 인공호흡을 한다. 기관내삽관을 시행한 경우라면 호기말 이산화탄소분압을 감시하여 심폐소생술의 질과 자발순환회복 여부를 판단하는 데 도움을 받을 수 있다. 만약 전문기도기 삽관이 익숙하지 않거나 실패한 경우에는 백마스크 인공호흡을 하고 가슴압박과 인공호흡의 비율을 30:2로 유지한다. 2분간의 심폐소생술을 시행한 후 심전도 리듬이 심실세동이나 무맥성 심실빈맥이면 불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥 상태이므로 2회의 제세동 이후에는 아미오다론이나 리도카인 투여를 미리 준비하는 것이 좋다. 2분간의 심폐소생술 후, 다시 심전도 리듬을 확인하여 충격필요리듬이 지속하면 첫 에너지 권고량과 같거나 혹은 높은 에너지로 3번째 제세동을 한 후 즉시 2분간 심폐소생술을 시행한다. 제세동 에너지양은 불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥이 지속하는 경우 최대에너지까지 사용할 수 있다. 심폐소생술을 시행하는 중에 아미오다론 또는 리도카인을 주사한다. 충격필요리듬이 지속되면 상기 과정을 반복하며, 아미오다론이나 리도카인은 초기의 1/2 용량으로 1회의 반복 투여가 가능하다. 환자의 심장정지 상황이나 병력 등으로 심장정지의 원인을 파악하고 의심되는 원인은 가능한 조기에 교정하여

야 자발순환회복을 기대할 수 있다. 심폐소생술을 방해하지 않는다면 초음파를 시행하여 심장정지의 원인을 확인하는 데 도움을 받을 수 있다. 만약 고품질의 심폐소생술을 시행함에도 자발순환이 되지 않는다면 체외순환심폐소생술(extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; ECPR)을 고려한다.

② 충격불필요리듬(무수축 또는 무맥성 전기활동)의 치료 과정

무수축은 심실 무수축(ventricular asystole)을 의미한다. 그러므로 심방의 수축 여부와 관계없이 심실의 수축이 없는 경우는 무수축에 대해 치료를 한다. 무맥성 전기활동(pulseless electrical activity; PEA)은 가성-전기기계 해리(pseudo-electromechanical dissociation), 심실 고유리듬(idioventricular rhythms), 심실이탈 리듬(ventricular escape rhythms), 제세동 후 심실 고유리듬, 서맥-무수축 리듬(brady-asystolic rhythms) 등 다양한 무맥성 리듬을 모두 포함하는 용어이다. 무맥성 전기활동은 심전도에는 전기활동이 나타나지만, 맥박 확인이나 비침습적 혈압감시장치로 맥박 또는 혈압을 감지할 수 없는 경우이다.

무수축과 무맥성 전기활동은 치료 과정에서 제세동이 필요하지 않으므로 충격불필요리듬이라고 한다. 무맥성 전기활동은 가역적 원인으로 발생하는 경우가 있으므로, 원인을 확인해서 교정하면 치료될 수 있다. 무수축이 발생한 심장정지 환자의 생존율은 매우 낮다. 충격불필요리듬이 관찰되는 환자의 소생에 대한 희망은 가역적 원인을 찾아내고 교정하는 데에 있다.

심전도에서 충격불필요리듬이 관찰되면 즉시 심폐소생술을 시작하고 가능한 빨리 정맥로나 골내주사로 확보하여 에피네프린 1mg을 투여하고 생리식염수를 추가로 덩이주사해야 한다. 에피네프린은 3~5분마다 투여하고 자발순환이 회복되거나 전문소생술을 종료할 때까지 반복한다. 2분간의 심폐소생술을 시행한 후 심전도 리듬을 다시 확인한다. 충격불필요리듬이 지속되면 다시 2분간 심폐소생술을 시행하고 전문기도기를 삽관하여 가슴압박 중단없이 인공호흡을 시행할 수 있도록 한다. 전문기도기가 삽관

된 후 호기말 이산화탄소분압 감시 장치를 부착하면 심폐소생술의 질과 자발순환회복 여부를 판단하는데 도움을 받을 수 있다. 2분간의 심폐소생술 후 확인한 심전도에서 충격불필요리듬이 지속되면 다시 2분간 심폐소생술을 시작하고 심장정지의 원인을 찾아 교정하려고 노력해야 하며, 원인 확인을 위해 초음파를 사용할 수 있다.

③ 자발순환회복 후 치료

전문소생술 후 자발순환이 회복된 환자는 집중 감시를 하면서 소생후 통합치료를 시작한다. 자발순환이 회복되면 즉시 혈액학적 안정화, 폐 환기 및 혈액 산소포화도의 조절, 목표체온유지치료, 급성 관상동맥증후군에 대한 관상동맥중재술 등 소생후 통합치료가 시작되어야 한다. 소생후 통합치료의 방법은 ‘제5장 소생후 치료’에서 다루도록 한다.

2) 병원밖 심장정지에 대한 전문소생술

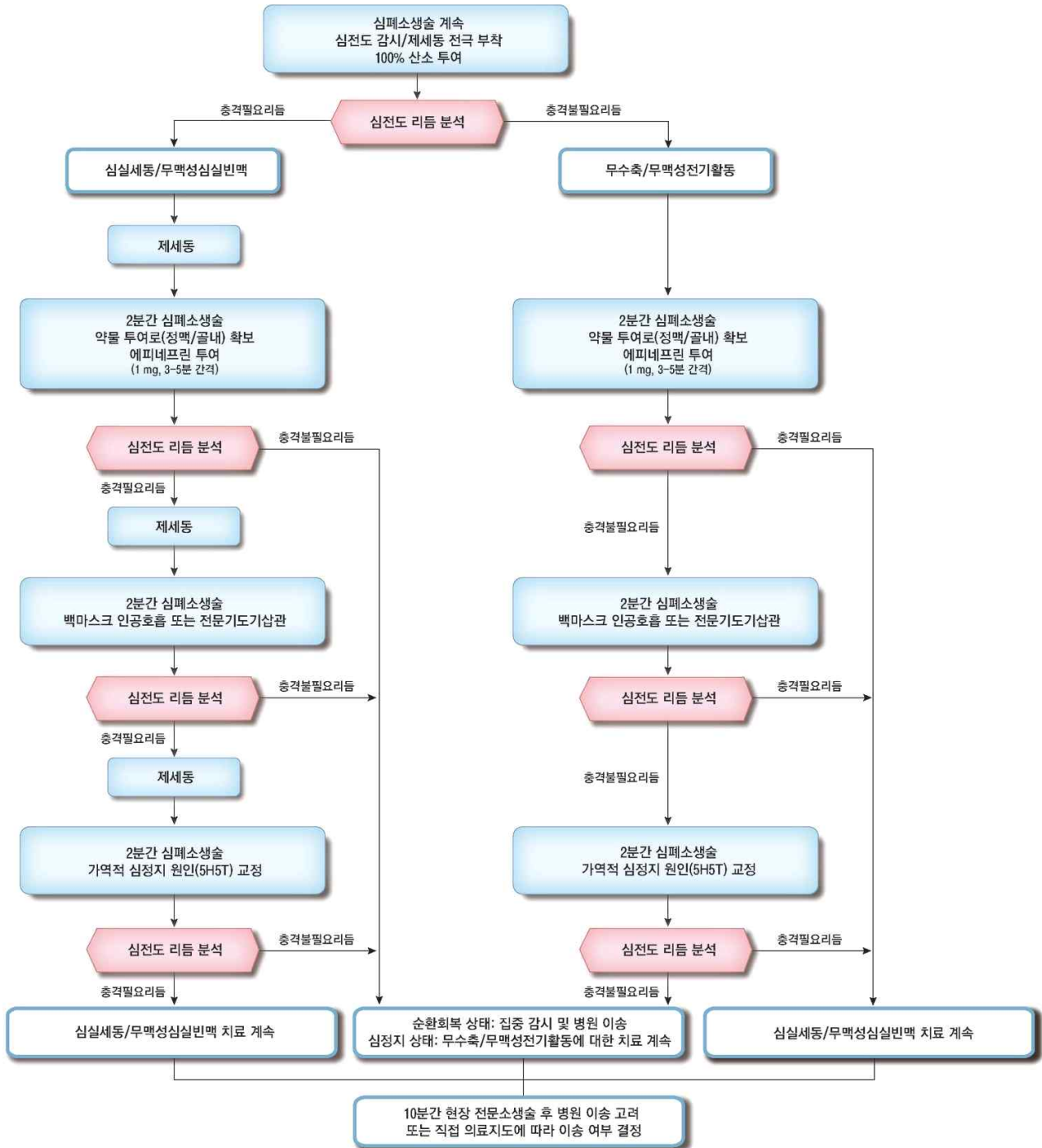


그림 27. 병원밖 심장정지 환자에 대한 전문소생술

병원밖 심장정지 전문소생술은 병원 내 전문소생술과 크게 다르지 않다. 다만, 기관내삽관 경험이 적은 구조자는 성문상 기도기를 우선 시도하도록 권고하고 있으며, 전문기도기 삽관이 익숙하지 않은 구조자는 백마스크 인공호흡을 하도록 권고한다. 현장 전문소생술 시간은 직접의료지도에 따라 결정하되, 심폐소생술에 참여하는 구성원들이 전문기도기 삽관 및 에피네프린 투여를 포함한 전문소생술이 가능한 경우에는 10분간 전문소생술을 한 후 병원 이송을 고려하도록 권고한다. 만약 구성원들이 전문소생술을 할 수 없는 구조자라면 기본소생술 가이드라인에 따라 6분간 심폐소생술 후 병원 이송을 고려한다. 예를 들어, 다중 출동 구급대의 경우, 선착 구급대원들이 전문소생술을 할 수 있다면 10분간 전문소생술을 한 후 병원 이송을 고려하고, 그렇지 않은 경우라면 6분간 심폐소생술 후 병원으로 이송하도록 한다 (그림 27).

3) 코로나19 유행 시 전문소생술

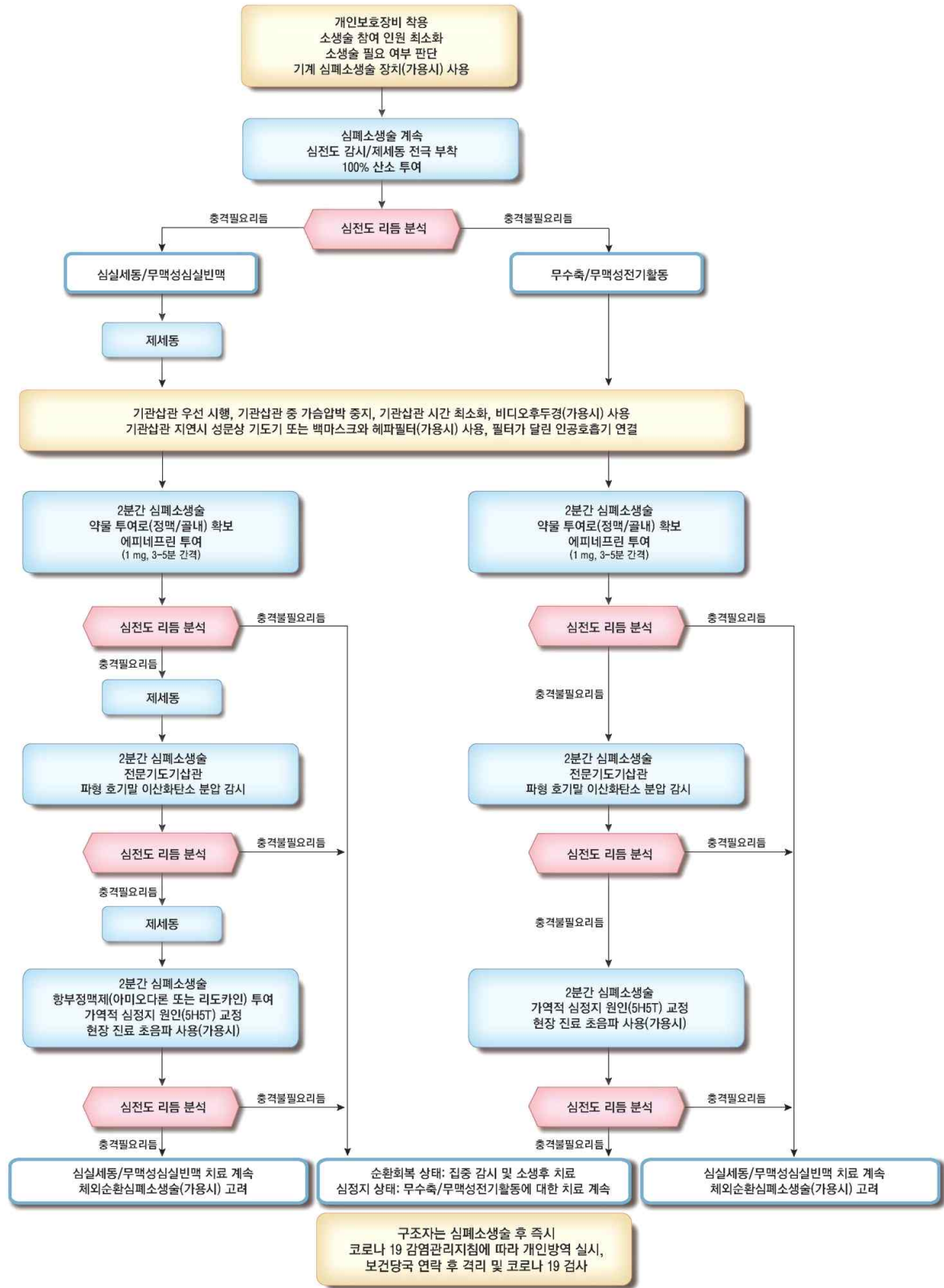


그림 28. 코로나19 유행 시 전문소생술

코로나19는 비말과 접촉으로 전파되는 것으로 알려져 있으며, 1~14일(평균 4~7일)의 잠복기가 있어 사람 간 전파 가능성이 크다. 가슴압박이나 제세동이 에어로졸(aerosol)을 발생시켜 구조자를 감염시킬 수 있다는 간접적인 근거가 있으므로, 코로나19 감염 혹은 감염 의심환자에게 전문소생술을 시작하기 전에 구조자는 반드시 개인 보호구(personal protective equipment: PPE)를 착용한다.^{4,5} 개인 보호구는 최소 D등급의 전신 보호복이나 방수성 긴 팔 가운, 글러브 및 보호 안경(혹은 안면 가리개)과 함께 최소 N95(가능하면 cup-type보다는 fold-type)나 FFP3 이상의 마스크 혹은 전동식 호흡 보호구(powered air-purifying respirator; PAPR)를 착용한다. 예후가 좋지 않을 것으로 판단되는 환자의 경우에는 소생술의 필요성을 다시 한 번 평가한 후, 소생술이 필요하다고 판단되었을 때 전문소생술을 시작한다. 전문소생술 팀은 가능한 최소 인력으로 구성하며 기계 심폐소생술 장치를 사용하여 환자와의 접촉을 최소화한다. 심전도 리듬 확인과 제세동을 위해 가능하면 부착하는 제세동 패드를 사용하고, 전문 기도기 삽관이 요구되면 가슴압박을 중단하고 기관내삽관을 우선 시행한다. 기관내삽관 시 가능하다면 비디오 후두경을 사용하여 구조자가 환자의 입 가까이 다가가지 않도록 하며, 기관내삽관이 실패했을 때만 성문상 기도기를 삽입하거나, HEPA 필터(HEPA Filter)를 연결한 백마스크로 인공호흡을 한다. 전문 기도기를 확보한 때도 HEPA 필터를 연결하여 인공호흡을 한다. 소생술 종료 후 감염관리지침에 따라 개인 보호구를 폐기하고, 소생술에 참여한 구조자는 가능한 한 빨리 비누와 물로 손을 깨끗이 씻거나 알코올 기반의 손 소독제로 손을 소독하여야 하며 옷을 갈아입을 것을 권장한다(그림 28). 또한, 지역 보건당국에 연락하여 코로나19 검사와 자가격리 여부 등을 확인한다. 제조사 및 기관의 지침에 따라 심폐소생술 동안 사용한 도구와 장비들을 세척 혹은 폐기한다.⁶⁻⁸

II.

전문소생술



1. 성인 심장정지 치료와 전문소생술 개정 배경

전문소생술은 심장정지 환자에게 고품질의 기본소생술을 시행하는 상황에서 더욱 효율적으로 전신 순환을 유도하고 적절한 산소를 공급하기 위한 치료 과정으로 생존사슬의 중요한 고리이다. 전문기도유지술, 혈관수축제 투여, 제세동, 항부정맥제의 사용, 체외순환심폐소생술을 포함한 순환회복과 전신 순환 보조를 위한 치료 방법이 전문소생술에 포함된다.

2020년 가이드라인의 전문소생술 부분은 2015년 가이드라인에서 제시되었던 권고 사항 중 근거가 부족했거나, 치료 방침이 빠졌던 내용, 우리나라에서 적용하기에 한계가 있었던 항목에 대한 과학적 근거를 검토하여 이전 가이드라인보다 객관적이고 명확한 권고 사항을 도출하였다. 주요 주제의 선정과 검토 과정은 제1장에 서술하였다.

2015년 한국심폐소생술 가이드라인이 발표된 이후 전문소생술 분야에서 중요한 연구결과가 발표되었다. 심장정지 환자에게 가장 중요한 혈관수축제인 에피네프린의 임상 효과에 대한 대규모 무작위 연구와 항부정맥제인 아미오다론과 리도카인의 비교 임상 연구가 발표되었다.^{9,10} 전문기도유지술 분야에서는 병원밖 심장정지의 전문소생술 중 기도유지방법에 대한 임상연구결과가 발표되었다.¹¹ 이에 따라 2020년 전문소생술 가이드라인에서는 새로운 연구결과를 바탕으로 관련 내용을 수정하였고 이중 연속 제세동(double sequential defibrillation), 심폐소생술 중 초음파의 적용, 심폐소생술 중 뇌 산소포화도 감시 등 기존 가이드라인에서 제시하지 않았던 권고 사항을 추가하였다. 특히 병원내 심장정지에서 신속대응 시스템 및 조기 경고 점수에 관한 내용을 추가하여 병원내 심장정지 환자의 치료와 관리에 대한 중요성

을 강조하였으며, 세계적으로 대유행 중인 코로나19 감염(또는 감염 의심) 환자에 대한 전문소생술 가이드라인을 함께 제시하였다.

2. 심폐소생술 중 모니터링

전문소생술 중 가슴압박의 효율과 심폐소생술 질을 평가하고 되먹임하는 감시 장치를 사용하는 것은 소생술 질 향상에 도움이 된다.¹² 호기말 이산화탄소분압, 관상동맥 관류압, 이완기 동맥압, 중심 정맥 산소포화도가 심폐소생술 중 대표적인 생리적 모니터링 지표로 사용될 수 있다. 특히, 파형 호기말 이산화탄소분압 측정을 심폐소생술 중 가슴압박 효율성의 감시, 자발순환회복 가능성의 예측, 기관내삽관 위치 확인에 활용하도록 권고한다.¹³⁻¹⁵

1) 소생술 중 되먹임(피드백) 장치의 사용

심폐소생술 중에는 되먹임 장치를 사용하여 가슴압박의 속도와 깊이, 인공호흡의 주기 등 지표를 감시함으로써 심폐소생술의 질을 평가할 수 있다. 가장 간단한 장치로서 규칙적인 소리나 빛을 내는 메트로놈을 사용하면 가슴압박과 인공호흡의 속도를 유지하는 데 도움이 된다. 실시간으로 가슴압박의 속도, 깊이, 이완, 중지와 가슴압박 분율(chest compression fraction)을 감시하여 실시간으로 청각적 혹은 시각적 되먹임을 주는 심폐소생술 감시 장치도 사용되고 있다.¹² 심폐소생술 때 시각적, 청각적 되먹임 장치 사용 및 메트로놈 사용이 심장정지 환자의 예후를 호전시킨다는 근거가 부족하다. 따라서 되먹임 장치를 일상적으로 사용하는 것은 권고하지는 않지만, 현재 실시간 심폐소생술 되먹임 장치를 사용하고 있는 진료 현장에서는 계속 사용할 수 있다.^{16,17}

2) 생리학적 지표의 감시 장치

심폐소생술 중에는 환자의 혈액학적 상태나 심폐소생술의 효율성을 평가할 방법이 많지 않다. 하지만, 심전도 리듬과 맥박의 확인과 더불어 호기말 이산화탄소분압, 관상동맥 관류압, 중심정맥혈 산소포화도를 감시하면 심폐소생술에 의한 관류 상태와 연관된 생리학적 정보를 알 수 있다. 호기말 이산화탄소분압, 관상동맥 관류압, 중심정맥혈 산소포화도는 심폐소생술 중 심박출량과 심근 혈류와 상관성이 있다. 생리학적 지표를 감시하면 자발순환의 회복 가능성 유무를 알 수 있다.

(1) 맥박

심폐소생술을 시행하면서 가슴압박의 효율을 평가하기 위하여 맥박을 확인하는 것의 타당성이나 유용성이 증명된 연구는 없다. 하대정맥에는 관막이 없어 가슴압박 동안 대퇴삼각에서 확인되는 맥박은 동맥혈류보다는 정맥혈류에 의한 대퇴 정맥의 맥박일 가능성이 크다. 심폐소생술 중 목동맥 맥박은 심근 관류나 뇌관류와 관련이 없다. 가슴압박을 멈춘 상태에서 맥박을 확인하는 것은 자발순환회복을 확인하는 방법이지만, 호기말 이산화탄소분압 측정보다 민감도는 매우 낮다.

자발순환의 회복을 확인하는 방법으로 호흡, 기침, 의식 반응과 움직임 여부를 확인하는 것이 맥박 확인보다 우수하다는 증거는 없다. 가슴압박 시작의 지연을 막기 위해, 의료종사자는 5-10초 이내로 맥박을 확인하고, 맥박이 확인되지 않으면 즉시 가슴압박을 시작하여야 한다.

(2) 호기말 이산화탄소분압의 측정

호기말 이산화탄소분압 측정기(capnography)는 인체에서 생성되고 순환 혈류를 통해 폐로 전달되는 이산화탄소를 측정한다. 정상 순환상태에서 호기말 이산화탄소분압은 35~40mmHg이다. 심장정지 동안에는 체내에서 이산화탄소가 계속 생성되지만, 혈류가 없어 폐로 전달되지 못하므로, 호기말 이산화탄소

분압은 거의 0에 가깝다. 심폐소생술 중 폐로 전달되는 이산화탄소의 양을 결정하는 중요한 요소는 심박출량이다. 호기말 이산화탄소분압이 낮은 경우 부적절한 심박출량 상태를 의미하지만, 기관연축이나 기관 내 튜브가 막히거나 꺾인 경우, 과환기한 경우, 성문상 기도기에서 측정할 경우, 공기 유출이 생긴 경우에도 호기말 이산화탄소분압이 낮게 측정된다.

2020년 가이드라인에서는 심폐소생술 중 혈액학적 감시, 심폐소생술 중 환자의 자발순환회복 가능성의 예측, 기관내삽관 위치의 확인 과정에서 호기말 이산화탄소분압을 활용하도록 권고한다. 호기말 이산화탄소분압은 심폐소생술 중 폐의 관류량에 비례하여 변하기 때문에 가슴압박의 적정성과 자발순환회복의 가능성을 평가하는 데 유용하게 사용된다.¹³⁻¹⁵ 또한, 호기말 이산화탄소분압은 기관 삽관 후 삽관된 튜브가 기관 내에 위치하는지를 확인하는 데에도 사용될 수 있다.¹⁵

기관내삽관이 된 경우에 심폐소생술을 20분 이상 지속해도 지속적으로 호기말 이산화탄소분압이 낮게 측정된다면(<10mmHg) 자발순환회복이 될 가능성이 작음을 시사한다.^{13,18} 하지만, 성문상 기도기나 백마스크 환기를 하는 경우에 호기말 이산화탄소분압의 감시와 가슴압박 효율성에 대한 상관성은 아직 불충분하다.¹⁹ 호기말 이산화탄소분압 측정치를 심폐소생술 질 감시와 자발순환회복을 예측하는 단독 지표로 사용해서는 안 된다.

심폐소생술 시 호기말 이산화탄소분압을 감시하는 것은 시행자가 가슴압박의 깊이와 속도를 적절히 유지하는 데 기준을 제시하고, 시행자의 피로도를 확인하는 데 도움을 준다. 또한, 호기말 이산화탄소분압이 갑자기 상승하여 유지되는 것은 자발순환회복의 지표이다. 따라서 심폐소생술의 질을 감시하기 위해 기관내삽관을 한 환자에게 파형 호기말 이산화탄소분압 측정기를 사용하여 가슴압박의 효율성을 평가하고 자발순환회복 여부를 확인할 수 있다. 만약 호기말 이산화탄소분압이 10mmHg 미만으로 측정되면 가슴압박을 조절하여 심폐소생술의 질을 높일 필요가 있다. 만약 호기말 이산화탄소분압이 갑자기 정상 수치(30~40mmHg)로 증가한다면 자발순환회복의 지표로 판단할 수 있다.

(3) 관상동맥 관류압

심폐소생술 동안 관상동맥 관류압(관상동맥 관류압=이완기 동맥압-이완기 우심방압)은 심근 혈류와 자발순환회복과 상관관계가 있다. 심폐소생술 중 관상동맥 관류압이 15 mmHg 이상 유지되지 않으면 자발순환회복의 회복 가능성이 작다. 그러나 관상동맥 관류압을 확인하려면 대동맥과 중심정맥압을 동시에 측정한 후 계산하여야 하므로 심폐소생술 동안 관상동맥 관류압을 감시하는 것은 임상적으로 어렵다.

(4) 중심정맥혈 산소포화도

산소소모량, 동맥혈 산소포화도, 혈색소의 양이 같다면 중심정맥혈 산소포화도의 변화는 심박출량의 변화로 생긴 산소 운반(oxygen delivery)의 변화를 의미한다. 중심정맥혈 산소포화도는 상대정맥에 산소측정기가 장착된 중심정맥관을 삽입하여 지속적으로 측정할 수 있다. 중심정맥혈 산소포화도의 정상치는 60%~80%이며, 심장정지와 심폐소생술 시에는 25~35% 정도 수준이다. 심폐소생술 시 낮은 중심정맥혈 산소포화도는 생성되는 심박출량이 부적절하다는 것을 의미한다. 심폐소생술 시 중심정맥혈 산소포화도가 30%에 달하지 못한 경우 자발순환회복에 실패하였다는 연구가 있으므로, 중심정맥혈 산소포화도를 30% 이상으로 유지하기 위하여 가슴압박을 조절하는 것을 고려한다. 중심정맥혈 산소포화도의 측정은 가슴압박을 방해하지 않고 자발순환회복을 확인하는 데 유용하다. 따라서 가능하다면 중심정맥혈 산소포화도 감시를 지속적으로 하여 심박출량과 산소 운반을 확인하는 지표로 삼는 것이 유용하다. 심장정지 전에 중심정맥관이 삽관된 경우, 또는 소생술을 방해하지 않은 범위 내에서 삽관이 가능한 경우에는 지속적으로 중심정맥혈 산소포화도를 측정하는 것을 고려한다.

(5) 맥박산소 측정

심장정지 시에는 말초 조직에 박동성 혈류가 적절히 공급되지 않기 때문에 맥박산소측정은 신뢰할 수 있는 감시 방법으로 부적합하다. 그러나 맥박산소측정기에 혈량 측정 파형이 관찰되면 자발순환회복을 확인할 수 있으며, 자발순환회복 후에는 적절한 산소화 여부를 평가하는 데 맥박산소측정기를 사용하는 것이 유용하다.

(6) 국소뇌산소포화도

성인 심폐소생술 중 근접적외선분광법(near infrared spectroscopy)을 사용한 국소뇌산소포화도 감시는 뇌 관류 상태를 나타내는 지표로 사용될 수 있으며 비침습적으로 쉽게 적용하여 심장정지 환자의 자발순환회복 예측 및 예후 평가에 도움을 줄 수 있다.^{20,21}

3. 심장정지 시 약물 투여 경로

심장정지 시에는 높은 수준의 심폐소생술과 빠른 제세동이 가장 중요하며 약물 투여는 다음 고려 사항이다. 심폐소생술을 시작하고, 제세동한 후에는 약물 투여를 목적으로 정맥이나 골내주사를 시행한다. 약물 투여로를 확보하는 과정이 가슴압박을 방해해서는 안 된다. 충격필요리듬인 심장정지에서는 제세동이 우선하여 시행된 다음 주기부터 에피네프린 투여가 시작되지만, 충격불필요리듬인 경우에는 가슴압박이 시작되고 정맥로만 확보되었다면 가능한 한 빨리 에피네프린을 투여해야 한다.²²

1) 말초 정맥로

소생술 중 약물을 말초 정맥로를 통해 주입하는 경우, 반드시 덩이주사 후 20mL의 수액을 추가 주입

하여 약물이 사지에서 중심혈류로 빨리 들어가도록 해야 한다. 단순히 약물 주입 중 또는 주입 후에 사지를 들어주는 것도 이론적으로는 중력을 이용하여 중심혈류로의 유입을 촉진하지만 이에 관한 체계적인 연구는 없다.

2) 골내주사로

골내주사로는 허탈 현상 없이 정맥 열기로 접근할 수 있어 말초 정맥로를 통해 약물을 주입하는 경우와 비슷하게 약물을 전달할 수 있다. 골내주사는 안전하며 수액 주입이나 약물 투여, 검사를 위한 혈액 채취에 유용하다. 또한, 모든 나이의 환자에게 시행할 수 있다. 실제 임상 환경에서도 특별한 부작용 없이 전문소생술에 필요한 약물을 골내로 주입할 수 있다. 심장정지 상태에서 골내로 약물을 주입하는 것에 대한 효과나 효율성에 대한 정보는 많지 않으나 정맥로보다 자발순환회복률 및 생존퇴원율이 좋지 않다는 연구결과가 있다.^{23,24} 따라서 성인 심장정지 환자에게 약물 투여를 위한 경로로 골내주사보다 정맥로 주사를 먼저 시도하고 정맥로 확보가 어렵다면 골내 접근을 하는 것을 고려한다. 성인에게는 골내 주사를 위하여 상용화된 기구를 사용하는 것이 편리하다.

3) 중심정맥로

중심정맥로는 말초 정맥로와 비교하면 약물의 최고 농도를 높일 수 있고 약물의 순환 시간이 짧다는 장점이 있다. 게다가 중심정맥관은 상대정맥까지 닿아 있어 중심정맥혈 산소포화도를 감시하고, 관상동맥 관류압을 예측할 수 있으며, 이를 통해 자발순환회복을 예측할 수 있다. 하지만, 중심정맥관 삽입은 심폐소생술을 방해할 수 있어 소생술 중 권장되지 않는다.

4) 기관 내 약물 투입

소생술 시 약물을 기관으로 주입하는 것은 같은 양을 정맥로 주입하는 것에 비해 낮은 혈중 농도를 보인다. 게다가 최근 동물 연구에서는 기관 내로 약물을 주입했을 때 일시적으로 β -아드레날린성 효과를 일으켜 혈관 확장을 일으킨다. 이는 저혈압을 일으키고 관상동맥 관류압과 심근혈류량을 낮추므로 자발순환회복의 가능성을 낮추는 해로운 효과이다. 비록 일부 약물의 기관 내 투입이 가능하지만, 예측 가능한 약물의 전달과 약리학적 효과를 기대할 수 있는 정맥주사로나 골내주사로를 통하여 약물을 투입한다.

정맥주사로와 골내주사로가 모두 확보되지 않은 상황에서 에피네프린, 바소프레신, 리도카인은 기관 내로 투입할 수 있지만, 아미오다론은 투여할 수 없다. 기관 내로 약물을 투입할 때는 정맥로 투입 용량의 2~2.5배를 투여한다.

4. 심장정지 치료에 사용되는 약물

심장정지 시 약물치료의 주요 목적은 자발순환의 회복과 유지이다. 심장정지 치료에 사용하는 약물은 보통 자발순환회복과 생존입원 확률을 높이지만 신경학적 결과가 양호한 장기 생존율을 높이는 근거는 아직 충분하지 않다.

1) 혈관수축제

심장정지 환자에게 투여된 혈관수축제는 자발순환의 회복 가능성을 높인다. 그러나 혈관수축제의 사용이 장기 생존율에 미치는 영향에 대한 위약 대조시험이 시행된 적은 없다. 또한, 에피네프린과 비교하여 생존율을 높이는 혈압상승제는 아직 없다.

(1) 에피네프린

에피네프린은 α -아드레날린 수용체에 작용하는 염산염이다. 에피네프린의 α -아드레날린 효과는 심폐소생술 중 관상동맥 관류압과 뇌 관류압을 증가시킨다. 에피네프린의 β -아드레날린 효과는 심근 부하를 증가시키고 심내막하 관류를 낮추기 때문에 심장정지의 치료에 있어서 그 가치와 안전성에 대해서는 아직 논란이 있다.

병원밖 심장정지 환자를 대상으로 에피네프린과 위약의 효과를 비교한 연구에서 3~5분의 간격으로 1mg의 에피네프린을 투여한 군의 3개월 생존율이 높았다.⁹ 따라서, 심장정지 환자에게 심장정지 리듬과 관계없이 3~5분의 간격으로 1mg의 에피네프린을 투여하도록 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-R). 고용량 에피네프린 투여는 기존의 투여량을 투여한 군에 비하여 자발순환과 생존입원을 향상했다는 매우 낮은 수준의 근거가 발견되었으나, 생존퇴원과 신경학적 예후를 향상하지는 못했다. 따라서, 고용량의 에피네프린을 일상적으로 투여하는 것은 권고하지 않는다(권고 등급 III, 근거 수준 B-R).²⁵ 다만, 소생술 경험이 많은 의사가 고용량의 에피네프린이 필요하다고 판단하는 경우 투여를 고려할 수도 있다.

성인 심장정지 환자의 심폐소생술 중 에피네프린은 매 3~5분마다 1mg을 1:1,000 앰풀 혹은 상품화된 1:10,000 정제주사 형태로 신속하고 정확하게 투여한다.^{12,26} 투여 경로는 정맥주사를 우선 고려하고 정맥주사가 어려운 경우 골내주사한다. 만약 정맥 주사로와 골내주사로가 확보되지 않는 경우에는 기관으로 2~2.5mg을 줄 수 있다.

심폐소생술 중 에피네프린 투여 시기는 심장정지 리듬에 따라 다르다. 충격불필요리듬에서는 에피네프린을 가능한 빠른 시기에 투여하도록 한다. 충격필요리듬인 경우 치료 권고를 뒷받침할 만한 연구 근거는 아직 부족하다. 이 경우 에피네프린 투여보다는 신속한 제세동이 우선이고, 제세동 이후 신속하게 에피네프린을 투여한다.^{22,27}

(2) 바소프레신

병원밖 심장정지 환자의 치료에서 에피네프린과 바소프레신의 효과를 비교한 연구에서 예후의 차이는 없었다.^{28,29} 에피네프린과 바소프레신의 병합요법과 에피네프린 단독요법을 비교한 연구에서도 예후의 차이를 보이지 않았다.^{30,31} 하지만, 바소프레신의 단독 혹은 병합 사용이 심장정지 환자의 예후를 악화시킨다는 보고는 없다. 따라서, 성인 심장정지 환자의 심폐소생술 중 첫 번째나 두 번째 에피네프린 대신 바소프레신 40unit을 투여하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 또한, 성인 심장정지 환자의 심폐소생술 중 첫 번째나 두 번째 에피네프린에 추가하여 바소프레신 40 unit을 투여하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

2) 항부정맥제

불응성 심실세동과 무맥성 심실빈맥의 치료를 위한 아미오다론이나 리도카인의 투여는 생존 퇴원율이나 좋은 신경학적 예후의 가능성을 높인다는 증거는 부족하다. 그러나 아미오다론은 위약보다 생존입원율을 높이고 리도카인은 위약과 비교하면 자발순환회복률을 높이고 생존입원율을 높인다.¹⁰ 따라서, 2020년 가이드라인에서는 불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥 성인 심장정지 환자에게 아미오다론 또는 리도카인 투여를 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R). 이전 2011년 가이드라인까지 다형성 심실빈맥에 의한 심장정지 환자에게 저마그네슘혈증이 의심되는 경우 사용하였으나, 새로운 권고안에서는 성인 심장정지 환자에게 일상적인 마그네슘 사용을 권고하지 않는다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD).

32

(1) 아미오다론

아미오다론은 나트륨, 칼륨, 칼슘 통로에 영향을 주어 α -, β -아드레날린 차단 효과를 보인다. 아미오

다른 소생술, 제세동, 혈관수축제에 반응이 없는 심실세동/무맥성 심실빈맥의 치료를 위하여 투여하며, 첫 용량은 300mg을 정맥주사 또는 골내주사로 투여하며, 불응성인 경우 150mg을 1회 추가 투여할 수 있다.³³

(2) 리도카인

불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥 환자에게 리도카인 투여를 고려할 수 있다. 첫 용량은 1~1.5 mg/kg를 정맥주사하고, 5~10분 간격을 0.5~0.75 mg/kg를 투여할 수 있으며 최대 3 mg/kg까지 투여할 수 있다.

(3) 황산마그네슘

이전 2011년 가이드라인까지 다형성 심실빈맥에 의한 심장정지 환자에게 저마그네슘혈증이 의심되는 경우 사용하였으나, 2015년 가이드라인부터는 성인 심장정지 환자에게 일상적인 마그네슘 사용을 권고하지 않는다.³²

(4) 자발순환회복 후 항부정맥제의 예방적 사용

불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥에 의한 심장정지 환자에게 자발순환회복 직후 예방의 측면에서 리도카인이나 베타 차단제 투여를 고려할 수 있지만, 유용성에 대한 근거는 아직 부족하다. 베타 차단제 투여는 심부정맥의 원인이 되는 카테콜아민 과다 분비를 막고, 심근막을 안정화하며 허혈 손상을 감소시키는 이점이 있지만, 소생술 직후 저혈압 발생이나 심부전을 악화시킬 수 있어 일상적인 사용은 권고하지 않는다.^{34,35} 리도카인 역시 심근경색에 의한 부정맥 발생을 억제하여 심실부정맥으로의 진행을 예방하고 유해성은 없지만, 생존 예후를 증가시키지는 못한다. 심실세동이나 빈맥이 아닌 리듬에 의한 심장정지인 경우에는 항부정맥제의 예방적 사용에 대한 근거가 없다.

5. 제세동

1) 제세동의 기본 원리

신속한 제세동과 심폐소생술이 심장정지 환자의 소생에 큰 영향을 미치는 이유는 다음과 같다.

- 갑자기 발생한 심장정지 환자의 가장 중요한 심장 리듬은 심실세동이다.
- 심실세동의 유일한 치료 방법은 전기적 제세동이다.
- 심실세동이 발생한 후 시간이 지날수록 제세동의 성공 가능성은 떨어진다.
- 심실세동은 수분 이내에 무수축 상태가 된다.

급성 심장정지 환자의 생존율과 관련하여 여러 가지 연구가 진행되고 있는데, 중요한 것 중 하나가 심장정지가 발생한 후부터 심폐소생술과 제세동을 할 때까지의 시간에 관한 내용이다. 제세동이란 심실세동 환자에게 극히 짧은 순간에 강한 전류를 심장에 통과시켜서 대부분 심근에서 활동전위를 유발하여 심실세동이 유지될 수 없도록 함으로써, 심실세동을 종료시키고 심장이 다시 정상적인 전기활동을 할 수 있도록 유도하는 것이다.

심폐소생술을 시행하지 않는 경우는 제세동에 의한 생존율이 매분 7~10%씩 감소하며, 목격자에 의한 심폐소생술이 시행되면 제세동의 성공률이 분당 3~4% 정도로 감소한다. 즉, 심장정지 현장에서 심폐소생술을 시행하면 심폐소생술 시행 없이 제세동할 경우보다 성공 확률이 2~3배 증가한다. 현장에서 목격자 심폐소생술이 시행되면 환자의 신경학적 기능도 더욱 잘 보존된다. 특히 성인 심장정지 후 5분 이내에 제세동이 시행되면 신경 손상이 거의 없다. 하지만, 심폐소생술만으로는 심실세동이 정상 리듬으로 변환될 가능성은 거의 없다.

2) 제세동과 심폐소생술 시행의 우선순위

심장정지로부터 일정 시간이 지나간 환자에게 심폐소생술을 먼저 한 후 제세동을 한 경우와 심폐소생술보다는 제세동을 우선한 경우를 비교한 결과, 생존율의 차이가 없음이 알려졌다.^{36,37} 따라서 심장정지가 발생한 모든 환자에게 신속히 심폐소생술을 시작하되 제세동기가 준비되면 즉시 심전도 리듬을 확인한 후 제세동이 필요한 경우에는 즉시 제세동을 하도록 권장한다.

3) 심실세동 치료에서 초기 1회 제세동과 연속 제세동

제세동 직후 가슴압박의 재개는 심실세동의 재발을 유도할 수 있으나, 오히려 심근의 혈류를 제공함으로써 다음번 전기충격을 주었을 때 제세동 효과에 도움이 될 수 있다.^{38,39} 심폐소생술 도중 심전도 분석이나 인공호흡, 정맥로 확보 등의 이유로 가슴압박을 자주 중단하게 된다.⁴⁰ 한 연구에서 병원밖 심장정지 환자에게 구급대원이 자동제세동기를 사용하면서 심폐소생술을 하는 경우 실제로 가슴압박을 하는 시간은 전체의 43%에 불과한 것으로 발표하였다.⁴¹ 잦은 가슴압박 중단은 제세동 성공률과 생존율을 낮춘다.⁴²

2005년 이전에는 초기에 3회 연속 제세동을 하는 것을 권장하였으나 3회 연속으로 제세동을 하는 경우 가슴압박을 중단하는 시간이 늘어나게 되어 2015년 이후에는 3회 연속 제세동을 권장하지 않는다. 그리고 대부분 자동제동기가 채택하고 있는 이상 파형 제세동기를 사용할 경우 첫 제세동의 성공률이 높게(85%~98%) 보고되고 있다.^{43,44} 이런 몇 가지 이유로 기존의 3회 연속 초기 제세동 대신 초기 1회의 제세동을 하도록 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-NR).

4) 제세동 파형과 에너지 수준

제세동의 성공이란 전기충격 후 최소한 5초 이상 심실세동 리듬이 없어지는 것으로 정의하는데 제세동이 성공적으로 시행되려면 제세동기의 파형과 그에 따른 에너지 수준을 적절하게 적용하는 것이 중요하다. 현재 제세동기에서 사용되는 에너지 파형은 한쪽 극의 전류(주로 양극)만을 일정 시간 동안 흐르게 하는 단상 파형과 양극과 음극의 전류를 함께 사용하는 이상 파형의 두 가지 종류가 있다. 과거에는 단상 파형 제세동기가 널리 사용됐으나 최근에는 대부분 자동제세동기와 수동제세동기가 모두 이상 파형 제세동기로 교체되고 있다. 현재 주로 사용되고 있는 제세동 파형에는 양방향 절단지수함수 파형(biphasic truncated exponential; BTE), 직선양상파형(rectilinear biphasic; RLB), 박동양상파형(pulsed biphasic waveforms)이 있다. 심장정지 환자의 자발순환회복 및 생존율에 어떤 파형이 우월하다는 근거는 없지만, 이상 파형 제세동기가 더욱 적은 에너지에서 안전하고 효과적으로 제세동을 하는 것으로 알려져 있다.⁴⁴⁻⁵⁴ 이상 파형 제세동기로 첫 번째 제세동을 할 때는 제조회사의 권장 사항에 따라 120J~200J을 사용한다. 제조사의 권장 에너지를 정확히 모를 때는 최대에너지 수준을 사용할 수 있다. 단상 파형 제세동기로는 처음부터 360J로 제세동할 것을 권고한다.⁵⁵

5) 연속된 제세동을 할 때 에너지양

첫 번째 제세동에 심실세동이나 무맥성 심실빈맥이 소실되지 않았을 때 두 번째 그리고 그 이후 제세동의 에너지 수준은 제조사의 권고 사항에 따라 같은 수준으로 반복하거나 증량할 수 있다.^{56,57} 만약 에너지 증량이 가능한 수동제세동기라면 두 번째 혹은 그 이후 제세동은 높은 에너지로 증량한다.^{33,58} 제세동 에너지양은 불응성 심실세동/무맥성 심실빈맥이 지속하는 경우 최대에너지까지 사용할 수 있다.

6) 효과적인 제세동 전략

(1) 패들과 패드 선택

패드(self-adhesive pads) 사용은 제세동 전후 가슴압박 중단시간을 최소화할 수 있고 전기 아크 형성, 피부 화상이나 화재로부터 환자를 보호할 수 있다. 패드는 한번 부착하면 심전도 리듬 분석과 제세동, 동기심율동 전환, 심장박동조율이 모두 가능하다. 또한, 패들 사용 시 매번 전도 젤리를 바르고 적절한 곳에 위치시키는데 드는 시간을 절약할 수 있고, 패들을 사용할 때 흉부에 가하는 10~12kg의 압력도 필요치 않다. 따라서 가능하다면 패들보다는 패드 사용을 고려한다.

(2) 제세동 전후 가슴압박 중단시간 최소화 전략

가슴압박을 중단하고 제세동을 하기까지의 시간을 최소화하여야 한다. 심지어 5-10초간 중단도 제세동 성공률을 감소시킬 수 있다.⁵⁹⁻⁶² 따라서 제세동기를 충전하는 동안에도 가슴압박을 지속하고, 팀 리더의 분명한 의사 전달과 효율적인 소생 팀을 운영함으로써 제세동 전 가슴압박 중단시간을 최소화하여야 한다.^{63,64} 수동제세동기를 이용한 전 과정에서 제세동 전후 가슴압박 중단시간은 10초 이내여야 한다.

(3) 제세동하는 동안 안전한 산소의 사용

산소가 많은 구급차 혹은 병원 환경에서 제대로 부착되지 않은 제세동기 패들에서 불꽃이 발생하면 화재가 발생하거나 환자에게 심각한 화상을 입힐 수 있다.⁶⁵⁻⁶⁷ 패드로 인한 화재나 전기 아크 형성은 보고된 바가 없으므로 가능한 패들보다는 패드 사용을 고려한다. 제세동 도중 비강 캐뉼러나 산소마스크, 인공호흡기를 사용 중이라면 환자 가슴 위로 고농도의 산소가 흐르지 않도록 주의한다.

(4) 전극의 부착 위치

경흉 저항을 최소화하고 제세동을 하는 동안 심근으로 전류가 전달되려면 심장이 두 전극 사이에 위치하여야 하므로 흉골-심첨부(sternal-apical)에 전극을 부착한다(그림 29). 우측 흉골 전극(Sternum이라 표기)은 흉골의 우측, 쇄골의 아래에 위치시킨다. 좌측 심첨부 전극(Apex라 표기)은 좌측 겨드랑이중양선 (mid-axillary line)의 심전도 V6 level 높이에 부착한다. 유방조직 위에 붙여서는 안 되고 가능한 유방 바깥쪽에 위치해야 한다.⁶⁸ 이상 파형 제세동기를 사용할 때에는 흉골, 심첨부로 표시된 두 전극의 위치를 바꿔 붙여도 상관없으므로, 전극의 위치를 바꾸느라 제세동까지의 시간을 지연시키거나, 가슴압박을 중단해서는 안 된다. 경흉 저항을 최소화하기 위해 전극은 세로로 길게 위치시킨다.⁶⁹



그림 29. 제세동을 위한 패들 또는 패드의 위치
(좌, 수동제세동 시 패들의 위치; 우, 자동제세동 시 패드의 위치)

(5) 호흡 주기

경흉 저항을 최소화하기 위해 가능한 호흡 주기 중 호기말(end-expiratory phase)에 제세동을 시도한다. 호기말 양압은 경흉 저항을 증가시킨다. 천식 환자에게 자가 호기말 양압이 발생하면 제세동에 필요한 에너지 요구량이 증가할 수 있다.⁷⁰

7) 이중 연속 제세동

이중 연속 제세동(double sequential defibrillation, DSD)은 2대의 제세동기를 이용하여 동시에 강력한 충격을 가하는 방법이다. 일반적인 제세동을 반복적으로 시행하여도 회복되지 않는 충격필요리듬을 조절하기 위해 이중 연속 제세동이 제시되었고, 이에 관한 연구에서 일부 효과가 보고되었다.⁷¹⁻⁷⁴ 기존 제세동법과 제세동 방향전환법(전후 방향으로 바꾼 방법; vector change)과 이중 연속 제세동을 시행한 군을 비교하는 무작위 임상시험에서 방향전환법과 이중 연속 제세동 군이 더 높은 자발순환회복률을 보였다고 보고되었다.⁷³ 병원 전 단계의 후향적 선행연구에서 생존입원에서 이중 연속 제세동 시행군에서 더 높은 생존입원율을 보였으나, 생존퇴원율과 좋은 신경학적 예후에서는 유의한 차이가 없었다고 보고되었다.⁷⁴ 하지만, 충분한 무작위 연구가 아직 이뤄지지 않아, 아직은 충격필요리듬의 심장정지 시 일상적으로 이중 연속 제세동을 사용하는 것은 권장하지 않는다(권장 수준 III, 근거 수준 C-LD). 최근 이에 대한 대규모 무작위 연구가 진행되고 있어서 결과가 발표되면 추후 이에 대한 권장 수준의 변화를 기대한다.

6. 전문기도유지술

심장정지 동안 기도유지와 환기 방법으로는 입-입 인공호흡, 입-마스크 인공호흡, 백마스크 환기, 성문상 기도기와 기관내삽관 등이 있다. 장기간 심장정지가 지속되면 가슴압박만으로는 적절한 환기를 유지할 수 없으며, 적절한 환기를 촉진하고 위 내용물의 역류 및 흡인의 위험을 줄이기 위해 기도관리가 필요하게 된다. 하지만 환자의 치료 결과를 개선할 수 있는 최선의 기도유지술이 무엇인지는 아직 확실하지 않다. 2015년 한국심폐소생술 가이드라인에서는 당시의 근거들에 기반을 두어 백마스크나 전문기도기를 병원 전이나 병원내 심장정지 상황에서 산소화와 환기를 위해 사용할 것을 권장하였다.⁷⁵

2015년 이후 심장정지 시 전문기도유지술에 대한 3편의 대규모 무작위 대조시험이 발표되었으며, 이 자료를 포함한 분석을 통해 전문기도유지술에 대해 국제소생술 교류위원회의 치료 지침과 미국심장협회의 가이드라인도 2019년에 새롭게 수정되어 발표되었다.^{11,76-79} 이에 2020년 가이드라인에서도 이를 근거로 하여 아래와 같이 전문기도유지술에 대한 치료 지침을 다음과 같이 정하였다.

- 의료종사자는 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 하는 동안 백마스크 기구 또는 전문기도기 삽관 중 한 가지 방법을 사용할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준-BR). 단, 성인 병원밖 심장정지 환자에게 심폐소생술을 하는 동안 전문기도기를 삽관하는 경우, 기관내삽관에 대한 충분한 훈련과 경험이 없는 응급의료종사자는 성문상 기도기를 사용하고, 기관내삽관은 기관내삽관에 대한 충분한 훈련과 경험이 있는 응급의료종사자만 하는 것을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).
- 성인 병원내 심장정지 환자에게 심폐소생술을 할 때는 전문기도기로서 성문상 기도기 또는 기관내삽관 중 한 가지 방법을 사용할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).

1) 백마스크 환기

백마스크는 이전 가이드라인에서 소생술 초기 몇 분간과 전문기도유지술이 시행되기 전에 유용한 것으로 제시하였다. 하지만, 2,040명의 병원밖 심장정지 성인 환자를 대상으로 한 1건의 무작위 연구에서 기관내삽관과 백마스크 환기를 이용한 인공호흡이 28일 후 생존율에 대해 차이가 없음을 보였으며, 비록 심각한 비뿔립의 위험성이 있기는 하지만 86,862명의 병원내 심장정지 성인 환자를 대상으로 한 1건의 관찰 연구에서도 기관내삽관보다 백마스크 환기를 시행한 경우 양호한 신경학적 생존퇴원율과 생존퇴원율에 대해 더 향상된 결과를 보였으므로 백마스크 환기는 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 하는 동안 전문기도기 삽관과 함께 사용될 수 있을 것이다.^{77,80} 단 성문상 기도기와 백마스크 환기의 사용에 따른 환자 결과 차이에 대한 근거는 부족하다. 따라서, 모든 의료인은 상황에 따라 백마스크 환기 혹은 기관내삽관 중 더 효율적인 방법을 선택하여 사용할 수 있도록 두 가지 환기 방법을 모두 능숙히 실행할 수 있어야 한다.

백마스크는 안면 마스크나 성문상 기도기, 기관내삽관에 연결하여 사용할 수 있다. 1인 구조자가 안면 마스크를 사용할 때 환자 얼굴과 안면마스크를 한 손으로 밀착하고 다른 손으로 백을 짜야 한다. 마스크가 얼굴에 정확히 밀착되지 않으면 저환기가 생기고, 기도유지가 적절히 유지되지 않으면 공기가 식도로 들어가 위 팽만이 생기고 흡입의 위험이 있다. 한 사람이 안면마스크를 두 손으로 잡고 다른 사람이 백을 짜는 2인 법이 더 효과적이다. 기관내삽관이 되거나 성문상 기도기가 삽입된 경우에는 환기하는 동안에도 가슴압박을 계속하고 분당 10회로 환기한다.³³

2) 입인두 기도기

입인두 기도기는 무의식 상태나 무반응인 환자에게 권장된다. 입인두 기도기를 삽입할 때 혀가 하인두로 밀려 들어가 기도폐쇄를 일으킬 수 있으므로 주의해야 한다. 의식이 있는 환자에게는 구역질 반사를 일으켜 구역질, 구토 또는 성문 연축을 유발할 수 있다. 입인두 기도기는 영아용, 소아용 그리고 성

인용의 다양한 크기로 준비해야 하며, 충분히 교육을 받은 사람이 삽입해야 한다.

3) 코인두 기도기

코인두 기도기는 입 벌림 장애, 물기, 짝 다문 턱 또는 턱-얼굴 손상 때문에 입인두 기도기 삽입이 불가능한 환자에게 사용할 수 있다. 두개골 기저부 골절 등 심한 두개·안면부 손상이 의심되는 환자에게는 조심스럽게 사용해야 한다. 깊은 무의식 상태에 빠지지 않은 환자는 입인두 기도기보다 코인두 기도를 잘 견딘다. 삽입할 때 코점막이 손상되어 출혈이 일어날 수 있으므로 윤활제를 충분히 바른 후 삽입한다.

4) 흡입 기구

상기도에서 액체(피, 침, 위 내용물)를 제거할 때 내경이 크고 단단한 흡입기(양카우어 흡입기; Yankauer suction)를 사용한다. 환자가 구역 반사가 있으면 인두를 자극하여 구토를 유발할 수 있으므로, 흡입기 사용에 주의해야 한다.

5) 성문상 기도기(supraglottic airway device)

과거에는 클래식 후두 마스크 기도기(classic laryngeal mask airway)가 1세대 성문상 기도기로 많이 사용되었지만, 현재는 i-gel®, 후두 튜브(laryngeal tube)를 포함한 다양한 2세대 성문상 기도기들이 나와 있으며, 2세대 성문상 기도기는 클래식 후두 마스크 기도기보다 더 센 밀착압력이나 위액 배액 등의 더 좋은 기능이 있으므로 최근 들어 응급기도 관리에 많이 사용한다.⁸¹ 또한, 9,289명의 병원밖 심장정지 성인 환자를 대상으로 한 무작위 대조 연구에서 i-gel®을 전문기도유지기로 사용하였을 때 기관내삽관과 비교하면 양호한 신경학적 생존퇴원율에 차이를 보이지 않았고, 2,999명의 병원밖 심장정지 성인 환자를 대상으로 한 무작위 대조 연구에서도 비록 매우 낮은 수준의 근거이기는 하지만 후두 튜브의 사용이 기관내삽관과 비교하면 양호한 신경학적 생존퇴원율과 생존퇴원율 모두에 대해 더 향상된 결과를

보였다.^{11,76} 하지만 위의 두 연구에서 기관내삽관의 성공률이 각각 51.6%와 69.8%로 낮은 것을 고려할 때, 심폐소생술을 시행할 때 전문기도유지기를 사용할 경우, 의료종사자의 숙련도 등의 요인으로 인해 기관내삽관의 성공률이 낮다고 평가된다면 성문상 기도기를 사용하는 것을 권장한다. 반면 기관내삽관의 성공률이 높은 환경(예를 들어 기관내삽관의 경험이 많은 의료진이 다수 근무 중인 응급실)인 경우는 성문상 기도기와 기관내삽관 중 한 가지 방법을 전문기도유지기로 사용할 수 있다. 따라서 구조자들은 성문상 기도기의 사용에 대한 충분한 교육을 받아야 하고, 삽입 성공률을 극대화하고 합병증 발생을 최소화하기 위해 정기적으로 실습해야 한다.

(1) i-gel[®]

i-gel[®] 커프는 열가소성 탄성체 젤(thermoplastic elastomer gel)로 이루어져 있어서 커프를 부풀일 필요가 없다(그림 30). i-gel[®]은 삽입하기가 매우 쉽고 삽입 방법을 배우기 쉽다. 후두 밀착압력은 20-24cm H₂O 정도이다. 쉬운 삽관과 상당한 밀착력으로 기관내삽관에 경험이 적은 구조자에게 선호되는 장비가 될 수 있다. i-gel[®]의 삽관 성공률에 관한 관찰 연구에서 병원밖 심장정지에서 응급구조사가 사용한 경우는 93%, 병원내 심장정지에서 의사와 간호사가 사용한 경우는 99%로 보고되었다.^{82,83}

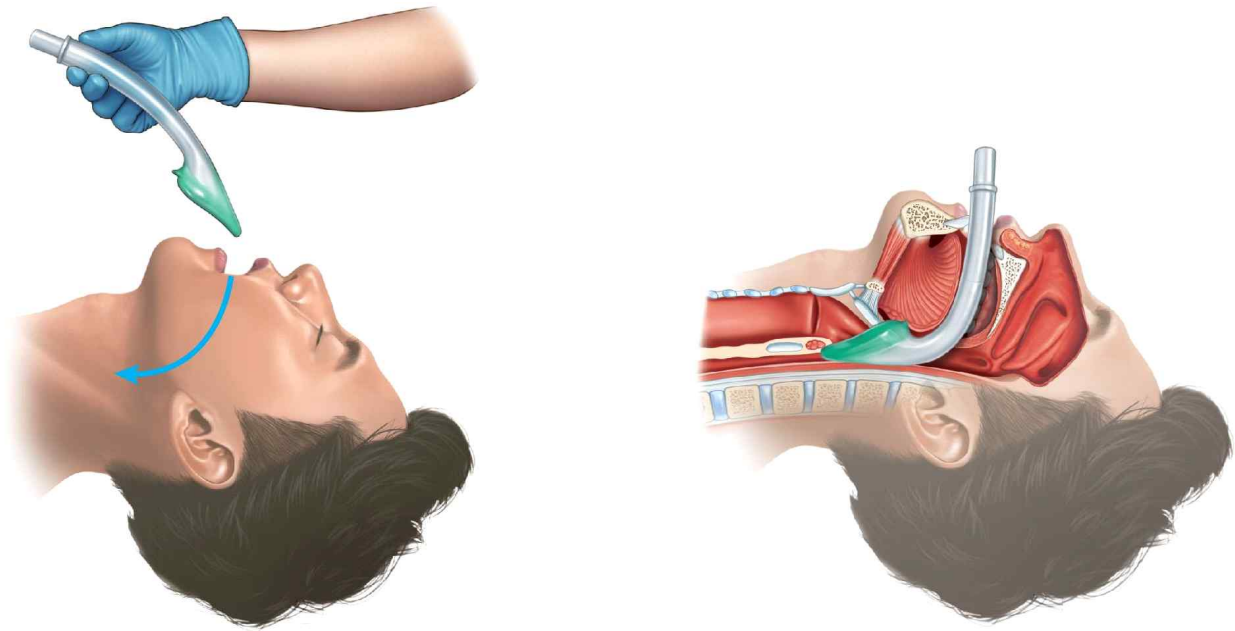


그림 30. i-gel[®]과 삽관된 해부도

(2) 후두 튜브

후두 튜브는 식도-기관 콤비 튜브와 유사하게 생겼지만 좀 더 작고 간단하다. 식도-기관 콤비 튜브와는 달리 후두 튜브는 식도로만 들어간다(그림 31). 후두 튜브 삽관법을 2시간 교육받은 간호사가 병원밖 심장정지 환자에게 시행한 후두 튜브 삽관 및 환기성공률은 80%였다.⁸⁴ 5개의 관찰 연구에서 병원밖 심장정지에서 일회용 후두 튜브의 삽관 성공률은 85-100%로 보고되었다.⁸⁵ 일부 연구에서는 후두 튜브의 위치 오류와 공기가 새는 문제점이 보고되었다.⁸⁶

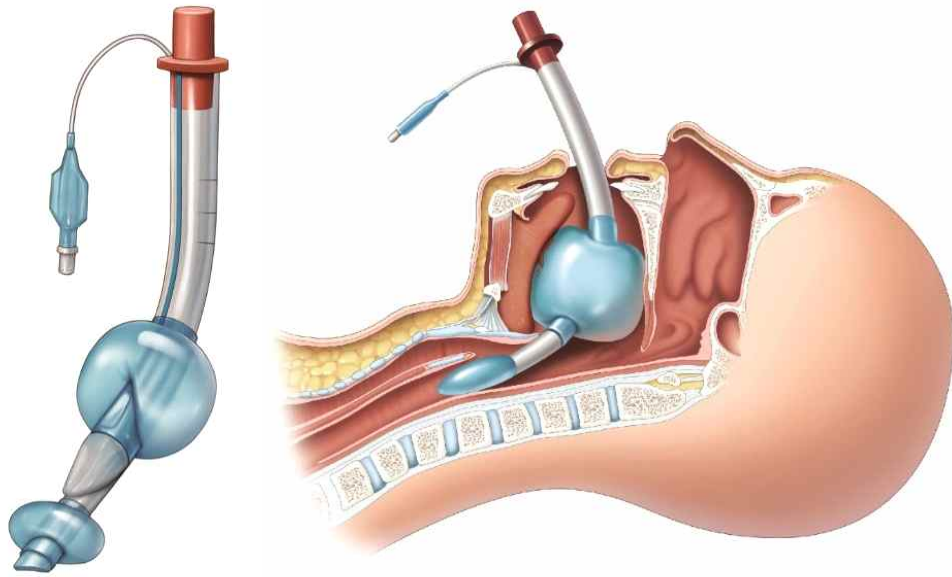


그림 31. 후두 튜브와 삽관된 해부도

6) 기관내삽관

기관 튜브는 기도를 유지하고, 기도 내 분비물을 흡입하며, 고농도의 산소공급이 가능하고, 일부 약물의 투여 통로로 사용된다. 또한, 폐 환기를 유지하고, 위 내용물이나 입, 인두의 혈액과 점액 흡인으로부터 기도를 보호하는 역할을 한다.⁸⁷ 소생술 중 마주치는 다양한 환자들과 환경에도 불구하고 반복적으로 안전하고 효과적으로 기관내삽관을 하려면 상당한 기술과 경험이 필요하다.

(1) 응급상황에서 시행하는 기관내삽관

기관내삽관은 백마스크와 비교해 여러 가지 장점이 있다. 기관내삽관을 하면 가슴압박을 중단하지 않고 환기를 할 수 있으며, 폐나 가슴의 탄성과 관계없이 효과적인 환기를 할 수 있다. 또한, 위 팽만과 역류를 최소화할 수 있으며, 위 내용물의 폐 흡인 위험도 낮다.⁸⁸ 이론적으로는 백마스크의 사용이 위 팽만과 흡인의 위험이 클 것으로 예상하지만, 심장정지 환자에게 백마스크 환기가 기관내삽관보다 흡인

이 많이 된다는 근거는 없다. 병원 전 단계의 치료 과정에서는 백마스크와 비교할 때 기관내삽관이 불리할 수도 있다. 기관내삽관은 식도 삽관의 위험성, 삽관을 시도하는 동안 가슴압박 중단 가능성, 높은 삽관 실패율, 숙련도 유지의 어려움이 있다.^{15,89-92} 병원 전 단계에서 기관내삽관을 하는 의료인은 구조적이고, 포괄적인 훈련을 바탕으로 삽관을 시도해야 한다. 구조자는 기관내삽관을 결정할 때 기관내삽관의 위험과 이익을 판단해야 한다. 구조자는 가슴압박 중단을 하지 않고 삽관을 할 수 있어야 한다. 가슴압박은 튜브가 성문을 통과할 때에만 잠시 멈출 수 있다. 가슴압박을 멈추지 않으려면 자발순환회복 이후로 삽관을 미룰 수 있다. 기도삽관 시 가슴압박 중단은 5초 이내로 해야 한다. 삽관이 실패하면 백마스크 환기를 권장한다.³³ 식도 삽관을 확인하지 못하는 것은 기관내삽관의 매우 위험한 부작용 중의 하나이다. 삽관 후에는 반드시 삽관 위치를 확인하여야 식도 삽관의 위험을 줄일 수 있다.

(2) 기관내삽관 위치 적절성 평가

(가) 호기말 이산화탄소분압 측정기

호기말 이산화탄소분압 측정기는 폐에서 나오는 호기 내 이산화탄소 분압을 측정하는 기구이다. 6회 환기 이후에도 지속적인 이산화탄소 분압이 보이면 기관 튜브가 기도에 있다고 판단한다. 파형 호기말 이산화탄소분압 측정기는 병원밖 심장정지 환자의 삽관 확인과 계속된 삽관 위치를 지속적으로 확인할 수 있는 가장 높은 민감도와 특이도를 가진 기구이다. 호기말 이산화탄소분압 측정과 더불어 청진이나 기관 튜브의 성문통과 등의 추가 임상소견을 함께 확인해야 한다. 파형 호기말 이산화탄소분압 측정만으로는 기도에 삽관된 관이 기관이나 기관지에 있는지를 확인할 수 없으므로 반드시 청진으로 재차 확인해야 한다. 파형 호기말 이산화탄소분압 측정기는 병원밖, 응급실, 병원내 등 전문기도유지술을 하는 모든 곳에서 기관내삽관 위치를 확인하는 데에 사용할 수 있다. 심장정지 환자의 기관삽관과 지속적인 튜브 위치를 확인하기 위하여 임상적 판단과 함께 파형 호기말 이산화탄소분압 측정기를 반드시 사용할 것을 권장한다.^{14,18,93-96} 또한, 심폐소생술 동안 환기를 모니터하고 심폐소생술 품질을 확인하는 데에 파

형 호기말 이산화탄소분압 측정기를 반드시 사용할 것을 권장한다. 파형 호기말 이산화탄소분압 측정기가 없으면 비파형 이산화탄소 측정기, 식도감지기구나 초음파를 대체로 사용할 것을 권장한다.³³

(나) 식도감지기구

이 기구는 기관 튜브의 근위부에 있는 큰 주사기의 피스톤을 잡아당기거나 유연성이 있는 압축된 벌브(bulb)를 연결하여 기관 튜브의 기관 쪽 끝부분에 흡인력을 만들어낸다. 기관 튜브가 기관 내에 있으면 연골이 지지해서 관대로 공기가 쉽게 빠져나온다. 기관 튜브가 식도에 있을 때는 식도 점막이 기관 튜브의 원위부 말단에 들러붙어 기구의 피스톤 운동이나 흡인 벌브의 재팽창이 일어나지 않는다. 식도 감지기구는 호기말 이산화탄소분압 측정기가 없을 때 대신 사용할 수 있다. 이 기구의 사용은 때에 따라 민감도와 특이도가 낮으므로 기관내삽관을 확인하는 몇 가지 방법의 하나로 생각해야 한다. 특히 중증 비만, 임신 말기, 천식 지속상태 혹은 기관 분비물이 심한 경우 기관이 허탈되어 있으므로 이 기구로 튜브의 위치를 확인할 경우 튜브 끝이 식도에 있는 것으로 오인할 수도 있다.

(다) 기관내삽관 후 관리

올바른 튜브의 위치를 결정한 다음에는 위 앞니에 해당하는 튜브 깊이 표시의 수치를 기록하고 튜브를 고정한다. 이때 수분에 강한 테이프나 상품을 사용한다. 기관 튜브를 포함하여 전문기도기를 삽입한 후 튜브가 고정되면 입인두 기도기나 재갈(bite block)을 삽입한다. 구조자는 전문기도기가 삽입된 후와 환자 이송 후에는 튜브 위치를 재확인한다.

7. 기계 심폐소생술 장치

1) 기계 심폐소생술 장치 소개

기계 심폐소생술 장치는 흉골을 압박하는 피스톤 장치, 흉곽을 조이는 밴드 장치, 또는 두 가지 장치를 모두 사용하여 자동으로 심폐소생술을 한다.

능동압박-감압 심폐소생술(active compression-decompression CPR) 장치를 사용한 세 가지 무작위 대조 연구에서 심폐소생술 장치는 가슴압박에 의한 심폐소생술과 비교하여 환자 생존율의 차이가 없었다.⁹⁷⁻⁹⁹ 병원밖 심장정지 환자를 대상으로 한, 두 개의 대규모 연구에 모두 7,060명의 환자가 포함되었는데 4시간, 1개월, 6개월 생존율에서 기계 심폐소생술 장치를 사용한 심폐소생술을 받은 경우와 가슴압박에 의한 심폐소생술을 받은 경우 사이에 치료 결과의 차이가 없었다.^{98,99} 가슴압박에 의한 심폐소생술에 비하여 기계 심폐소생술 장치를 사용한 경우 3개월 뒤 신경학적 예후와의 나쁜 연관성을 보고한 연구도 있다.⁹⁸ 동작 소요 시간에 관한 연구에서는 기계 심폐소생술 장치를 사용한 경우 가슴압박에 의한 심폐소생술과 비교하여 가슴압박이 중단된 시간이 길어진 것으로 나타났다.¹⁰⁰ 하중분산밴드 심폐소생술 장치(load-distributing band CPR)를 사용한 일개 병원의 무작위 대조 연구에서 하중분산밴드 심폐소생술 장치를 사용한 환자군에서 가슴압박에 의한 심폐소생술을 받은 환자군과 비교하여 4시간 생존율은 같고, 신경학적 예후는 나쁘게 나타났다.¹⁰¹ 다른 연구에서는 의료기관의 환경과 의료인들의 경험 수준이 하중분산밴드 심폐소생술 장치를 사용한 환자의 예후에 영향을 미치는 것으로 나타났다.^{102,103} 4,753명의 병원밖 심장정지 환자에 대한 무작위 대조 연구에서는 하중분산밴드 심폐소생술 장치를 사용한 치료 결과가 가슴압박에 의한 심폐소생술과 비슷한 것으로 나타났다.¹⁰⁴

2) 기계 심폐소생술 장치가 필요한 경우

기계 심폐소생술 장치가 가슴압박에 의한 심폐소생술에 비해 유리하다는 근거는 아직 없으므로 심장

정지 치료를 위한 통상적인 심폐소생술 방법으로 가슴압박을 권고한다. 하지만 통상적인 가슴압박이 어렵거나, 소생술이 길어져서 높은 수준의 가슴압박이 어려운 경우에는 기계 심폐소생술 장치가 합리적인 대안이 될 수 있다. 예를 들어 고층건물에서 승강기로 환자를 옮기는 과정과 같이 사람이 직접 가슴압박을 하기 어려운 좁은 공간이거나, 심장정지 환자에 체외순환장치를 연결할 때와 같이 의료 인력이 부족한 상황에서 가슴압박을 지속해야 하는 경우, 환자를 구급차로 이송 중이어서 의료인이나 환자가 흔들리는 상황, 심폐소생술을 오래 해야 하며 호흡이 굳어져서 가슴압박이 어려운 저체온 심장정지 환자, 전염병 노출 가능성이 있는 경우 등에서 기계 심폐소생술 장치를 사용할 것을 제안한다.^{8,105} 혈관조영술이나 색전 제거술 시행 중 심장정지가 발생하면 가슴압박을 하는 의료진이 고용량의 방사선에 노출될 위험이 있으므로 기계 심폐소생술 장치를 사용하여 중단없이 가슴압박을 유지할 수 있다.

3) 적용 시 고려 사항

기계 심폐소생술 장치는 인력이 부족하거나, 가슴압박을 하기 어려운 상황일 때, 가슴압박을 매우 오래 해야 할 때 가슴압박을 대신하여 사용할 수 있다. 기계 심폐소생술 장치를 사는 데에는 비용이 소요되며, 사용자는 사용 방법을 교육받아야 한다. 기계 심폐소생술 장치를 환자의 몸에 설치하거나 제거할 때 가슴압박이 중단되지 않도록 사용자의 주의가 필요하다. 기계 심폐소생술 장치를 사용해야 하는 사용자는 적절한 교육과 훈련을 통하여 장치를 효율적으로 사용할 수 있어야 한다. 또한, 기계 심폐소생술 장치를 사용하기 위하여 심폐소생술이 지연되는 일이 없도록 사전에 방지할 것을 제안한다.

8. 체외순환심폐소생술

1) 체외순환심폐소생술 소개

체외순환심폐소생술(extracorporeal CPR)이란 심장정지 환자에게 체외순환장치를 사용하여 혈액순환을 유지하는 방법이다. 체외순환장치는 정맥과 동맥에 도관을 삽입하고 도관을 이용하여 체외로 혈액을 순환시켜 산소를 공급하는 장치이다. 체외순환장치가 연결되면 가슴압박과 인공호흡을 시행하지 않아도 산소화된 혈액이 순환된다. 체외순환심폐소생술의 목적은 가역적 심장정지 원인을 치료하는 동안 환자의 생명을 유지하는 것이다. 심장정지 환자에게 체외순환장치를 연결하기 위해서는 고도로 훈련된 전담 인력과 특수 장비가 필요하다. 체외순환심폐소생술을 이용하여 심장정지 원인을 치료하고 환자를 회복시키려면 체외순환장치를 시술하는 팀과 중환자 치료를 담당하는 팀의 협력이 필요하다.

체외순환심폐소생술과 표준 심폐소생술의 치료 효과를 비교한 무작위 대조군 연구는 아직 없다. 병원 밖 심장정지 환자가 연구 대상으로 포함된 24개의 연구¹⁰⁶⁻¹²⁹ 중, 8개의 연구에서는 병원밖과 병원내 심장정지 환자 모두가 대상으로 포함되었다.^{108,113,115,117-119,123,126} 2개의 연구는 체외순환심폐소생술의 정의를 체외순환심폐소생술의 가용성 여부로 정의하였고^{116,121}, 2개의 연구는 체외순환심폐소생술 치료 계획에의 노출로 정의하였으며^{127,128}, 나머지 연구는 체외순환심폐소생술의 직접 사용으로 정의하였다.

^{106,108-118,120,121,123-126,129} 20개의 연구가 생존퇴원을 혹은 1개월째 생존을 보고하였고 ^{108,110-120,122,123,125-128,131} 6개의 연구가 장기생존율을 보고하였다.^{112,114,121,124,125,129} 체외순환심폐소생술에 노출되었을 때, 14개의 연구에서 퇴원할 때 또는 1개월째 양호한 신경학적 예후를 보고하였다.

^{108-112,116,117,120,121,124,125,127-129} 9개의 연구에서 양호한 장기 신경학적 예후를 보고하였다.

^{107,112,114,119,121,122,124,125,129} 병원내 심장정지를 연구 대상으로 한 7개의 연구¹³⁰⁻¹³⁶ 중, 2개의 연구는 체외순환심폐소생술의 시도까지 체외순환심폐소생술로 정의하였지만^{135,136}, 나머지는 체외순환심폐소생술의 시행 여부를 체외순환심폐소생술로 정의하였다.¹³⁰⁻¹³⁴ 6개의 연구에서 1개월째 생존율 또는 생존퇴

원율을 보고하였고¹³¹⁻¹³⁶, 4개의 연구는 장기 생존율을 보고하였다.^{131,134-136} 체외순환심폐소생술에 노출되었을 때, 5개의 연구가 1개월째 혹은 퇴원 시 양호한 신경학적 예후를 보고하였고^{131,132,134-136}, 5개의 연구가 양호한 장기 신경학적 예후를 보고하였다.^{131,132,134-136} 많은 연구가 체외순환심폐소생술이 생존율과 양호한 신경학적 예후의 향상과 관계가 있음을 보고하였지만, 연구마다 연구 대상자 포함 기준과 체외순환심폐소생술 적용 여부가 다양하고, 심각한 비뚤림으로 인해 근거 수준은 매우 낮다.

2) 체외순환심폐소생술의 적응증

체외순환심폐소생술은 심폐소생술로는 자발순환이 회복되지 않았으나 자발순환이 회복된다면 신경학적 회복을 기대할 수 있는 가역적 원인에 의한 심장정지 환자에게 적용해볼 수 있다. 따라서 일정 시간 동안의 심폐소생술에도 불구하고 자발순환이 회복되지 않거나 반복적인 심장정지가 발생하는 환자 중 비가역적 신경학적 손상이 발생하지 않는 환자에게 체외순환심폐소생술을 적용해야 한다. 하지만, 신경학적 회복과 가역적 심장정지의 여부를 판단하기는 쉽지 않으며, 이를 판단하기 위한 일률적 기준을 제시하기도 어렵다.

체외순환심폐소생술의 효과를 검증하기 위한 기존 연구들은 다양한 기준으로 연구 대상 환자를 제한하였는데, 이러한 기준을 빌리면 체외순환심폐소생술의 잠재적 적응증을 제시할 수 있다. 많은 연구가 대상 환자의 나이를 75세 미만, 초기 심전도 리듬이 충격필요리듬인 경우, 교정 가능한 원인 혹은 심인성 원인에 의한 심장정지, 목격된 심장정지, 심장정지로부터 심폐소생술 시작까지의 시간(no flow time)이 5분 이내인 경우, 10분 이상의 전문소생술에 반응이 없는 경우, 심장정지 시간이 총 60분 이내인 경우를 체외순환심폐소생술이 효과적일 수 있는 환자군으로 제시하였다.

107-111,114-116,121,122,124-128,130,132-134,136

3) 적용 시 고려 사항

체외순환심폐소생술을 시행하려면 즉시 반응할 수 있는 숙련된 의료진과 장비, 시설이 준비되어야 한다. 심폐소생술 시간이 길어질수록 환자 회복을 기대하기 어려우므로 체외순환심폐소생술을 결정하고 환자에게 체외순환장치를 연결하기까지의 시간이 짧아야 한다. 체외순환심폐소생술을 심장정지의 치료에 이용하려는 의료인이나 기관은 적절한 프로토콜과 훈련, 모니터를 시행하여 회복 가능성이 큰 심장정지 환자에게 체외순환심폐소생술이 조기에 사용될 수 있도록 준비해야 한다.

9. 전문소생술 중 고려 사항

1) 심폐소생술 중 산소 투여

병원밖 심장정지 환자의 심폐소생술 중 동맥혈 산소분압과 생존입원율을 비교한 전향적 다기관 관찰 연구에서 생존입원 군의 산소분압이 더 높았다.¹³⁷ 현재까지 통상적으로 높은 농도의 산소를 투여하도록 권고되고 있던 점과 순환 회복된 환자에게서 높은 동맥혈 산소분압이 관찰된 점을 고려해서 심폐소생술 중에는 가능한 가장 높은 농도(100%)의 산소 투여를 제안한다. 하지만 자발순환회복 후에는 적절한 산소포화도(94~98%)를 유지할 수 있도록 흡입 산소의 농도를 조절하는 것이 필요하다.

2) 심폐소생술 중 예후 예측 인자

심장정지 상황에서 호기말 이산화탄소분압은 가슴압박으로 유발되는 심박출량을 반영하는 수치로서 환자의 예후를 예측하는 데에 활용될 수 있다. 병원내 및 병원밖 성인 심장정지 환자에게 기관내삽관이 되어있다면, 소생술 시작 후 20분이 경과되어도 파형 호기말 이산화탄소분압 측정장치에서 호기말 이산화탄소분압이 10mmHg 이하로 측정되는 경우에는 예후가 매우 불량하다.^{18,95} 이를 토대로 적절한 전문

소생술을 하고 있음에도 불구하고 20분 경과 후 측정된 호기말 이산화탄소분압이 지속적으로 10mmHg 이하인 경우, 다른 여러 인자를 함께 고려하여 소생술 중단을 고려할 수 있다. 하지만, 호기말 이산화탄소분압만을 단독으로 판단하여 생존 예측 기준으로 삼아서는 안 되며, 기관내삽관이 되지 않은 환자에게 적용해서는 안 된다. 또한, 병원 전 단계에서 사용되는 비 연속형 단순 호기말 이산화탄소분압 측정기인 경우 기관내삽관의 확인 지표로는 사용이 가능하지만, 현장에서 생존 예측이나 심폐소생술 중단 근거로 사용하는 것은 권고되지 않는다. 또한, 심폐소생술 중 근접적외선분광법을 사용한 국소뇌산소포화도 감시는 뇌 관류 상태를 나타내는 지표로 사용될 수 있으며 비침습적으로 쉽게 적용하여 환자의 예후 평가와 치료 중단 의사결정에 도움을 줄 수도 있다. 그러므로 제한된 데이터이지만, 성인 심장정지 환자에 대한 심폐소생술 중 자발순환회복의 예측과 임상 의사의 치료 결정에 참조할 수 있도록 국소뇌산소포화도를 측정할 것을 제안한다.^{3-5,20,21,138}

3) 소생술 중 초음파 적용

현재 성인 심폐소생술 중 초음파(심초음파 포함) 사용에 대한 유용성은 확립되지 않았다. 제한된 자료이지만 숙련된 초음파 사용자가 있고, 심폐소생술을 방해하지 않는다면 심장눌림증 또는 잠재적, 가역적 심장정지 원인을 진단하고, 무맥성 전기활동 상태에서 심장 운동을 감별하는 데에 도움을 줄 수 있다.^{139,140} 또한, 소생술 중 기관내삽관 위치 확인을 위해 호기말 이산화탄소분압 연속 측정기 대체 방법으로 시도할 수 있다.¹⁴¹ 하지만, 최근의 체계적 문헌고찰에서는 어떤 초음파 검사 결과도 소생술 종료를 위한 유일한 기준으로 사용해서는 안 된다고 보고되었다.^{1,142}

10. 특수 상황의 심장정지

1) 천식과 관련된 심장정지

(1) 산소 투여

천식이나 만성폐쇄성폐질환으로 인한 심장정지에서 산소와 다른 가스와 효과를 비교한 연구는 없다. 천식이나 만성폐쇄성폐질환으로 인한 심장정지의 원인은 저산소혈증이므로 인공호흡 시 고농도의 산소를 투여할 것을 권고한다.

(2) 심폐소생술 중 기관내삽관

중증의 천식 환자를 대상으로 측정한 최고 기도압이 하부 식도 괄약근압보다 훨씬 높다는 연구가 있다.¹⁴³ 심장정지 상태에서는 하부 식도 괄약근압이 정상보다 더 낮으므로 천식이나 만성폐쇄성폐질환으로 인한 심장정지는 위 팽창 및 위 역류의 가능성이 매우 크다. 따라서, 천식이나 만성폐쇄성폐질환에 의한 심장정지 시 심폐소생술 중 가능한 한 빨리 기관내삽관을 하도록 권고한다.

(3) 호흡 보조

천식이나 만성폐쇄성폐질환으로 심장정지가 발생한 경우 환기가 잘 안 된다면 긴장성기흉의 가능성을 반드시 염두에 두어야 한다. 단순 바늘 감압술로 긴장성기흉이 호전되지 않을 수 있으므로 흉관 삽입술이 필요할 수 있다.^{144,145} 심폐소생술 중 역동적 과팽창(dynamic hyperinflation)이 의심되는 경우 백마스크를 분리하고 가슴압박만 시행함으로써 공기 걸림증(air-trapping)을 해결할 수도 있다.^{146,147} 심장정지가 발생한 천식 또는 만성폐쇄성폐질환자에게도 자가 호기말 양압의 유해 효과는 계속되므로 인공호흡기를 사용할 때에는 정상인보다 적은 호흡수와 일 회 호흡량(6-8 mL/kg)을 설정한다.¹⁴⁸

(4) 순환 보조

천식이나 만성폐쇄성폐질환으로 인한 심장정지 환자에게 수액 치료가 예후에 미치는 영향에 관한 연구는 없으나, 이 환자들은 영양 섭취가 부족하고 불감 상실(insensible loss)이 많으므로 수액 치료를 고려하는 것이 좋다. 에피네프린은 표준 심폐소생술과 같은 용량인 3~5분마다 1mg을 정맥에 주사한다. 표준 심폐소생술에도 소생되지 않는 환자에게 체외막산소 공급장치를 이용한 체외순환심폐소생술을 고려할 수 있다.¹

2) 아나필락시스와 관련된 심장정지

(1) 기도유지

초기에 신속한 전문기도유지술을 하는 것이 매우 중요하다. 구인두 및 후두 부종이 발생할 수 있으므로, 전문기도유지술이 가능한 의료기관으로 환자를 즉시 이송한다. 목원 소리, 혀 부종, 협착음, 구인두 부종 등이 있을 때는 어려운 기도(difficult airway)로 진행할 가능성이 있으므로, 수술적 기도유지방법을 포함한 전문기도유지술 계획을 세워야 한다.

(2) 순환

저혈압과 기도 부종, 호흡곤란 등 전신 알레르기 반응의 징후를 보이는 모든 환자에게 에피네프린을 조기 투여하여야 한다. 에피네프린의 추천 투여 용량은 0.2~0.5 mg (1:1000)으로 근육 주사하며, 임상적 호전이 없을 때는 5분마다 반복 투여한다.^{149,150} 정맥주사가 가능한 경우 0.05 - 0.1mg을 정주할 수 있다. 피하주사는 근육주사보다 흡수와 최대 혈중 농도치 도달까지의 시간이 더 길고, 특히 쇼크 상태에서는 더욱 지연될 수 있다. 반복적인 아나필락시스 병력이 있어 주치의에게 에피네프린 자동주입 펜을 처방받아 환자가 소지하고 있다면, 현장에서 에피네프린 자동주입 펜을 사용하여 허벅지의 중간 1/3 부

위의 전외 측면에 에피네프린을 근육주사(성인 0.3mg, 소아 0.15mg)한다.¹⁵¹

(3) 수액 치료

아나필락시스는 혈관 확장 및 혈액의 재분배를 일으키기 때문에 패혈증과 비슷한 쇼크 상태를 유발할 수 있다. 따라서 아나필락시스에 의한 쇼크 상태의 환자에게 5-10분 안에 500mL 이상의 균형 결정질(balanced crystalloid) 용액이나 생리식염수를 투여할 것을 권고한다.¹⁵² 때에 따라서는 추가 수액을 투여할 필요가 있다.¹⁴⁷

(4) 산소 투여

저산소혈증이 동반되는 경우 산소포화도가 94~98%로 유지될 수 있도록 산소 투여를 고려해야 한다.

(5) 혈관수축제

심장정지가 아닌 상황에서 에피네프린의 정맥주사를 시행한 경험이 있는 경우, 에피네프린의 정맥주사를 시도할 수 있다. 초기에 20-50 μ g을 정맥에 주사하고 향후 용량을 조절하며 사용하도록 한다.¹⁴⁷ 과용량 투여로 인한 치명적인 사례도 보고되었으므로, 혈압, 산소포화도 및 심전도 감시가 필요하다.

(6) 기타 치료 약제

에피네프린 투여에도 쇼크가 지속되면 노르에피네프린, 바소프레신, 페닐에프린 등을 추가로 사용할 수 있다.

(7) 아나필락시스에서 항히스타민제와 스테로이드의 효과

아나필락시스의 초기 치료에서 항히스타민과 스테로이드를 일상적으로 사용하는 것은 뚜렷한 효과가 없는 것으로 알려져 있다. 스테로이드는 초기 치료에도 천식과 같은 증상이 지속하거나 쇼크가 호전되지 않을 때 고려할 수 있다.¹⁵³⁻¹⁵⁵

(8) 체외순환 보조

아나필락시스로 인한 심장정지 환자가 표준 심폐소생술로 소생되지 못한 경우 체외막산소 공급장치를 이용한 체외순환심폐소생술을 고려할 수 있다.

3) 임신부 심장정지

(1) 대동정맥 압박(aortocaval compression)

20주 이상의 산모에서는 자궁이 하대정맥과 대동맥을 눌러서 정맥 환류를 감소시킴으로써 심박출량이 30~40%까지 감소하는 것으로 알려져 있다.¹⁵⁶ 이러한 현상은 심장정지 전에 저혈압이나 쇼크를 유발할 수 있고 심장정지의 원인이 되기도 한다.^{157,158} 이 경우 고품질의 가슴압박을 시행하더라도 심폐소생술의 효율이 감소할 수밖에 없다. 산모의 자궁을 왼쪽으로 밀어 이동시키는 것은 대동맥과 대정맥 압박을 피할 수 있는 가장 쉬운 방법이며, 산모가 바로 누운 상태에서 가슴압박을 시행할 수 있으므로 산모를 왼쪽으로 비스듬히 눕게 하는 것보다 더 효율적일 수 있다.^{159,160}

(2) 가슴압박

가슴압박 위치와 속도 및 깊이는 표준 심폐소생술 지침을 따른다. 다만, 기계 심폐소생술은 권고하지 않는다. 최근 연구에서 자궁이 커져 있을 때 횡격막을 압박하여 심장이 위쪽으로 이동한다고 보고하였

으나, 적절한 손의 위치에 관한 연구는 부족하다.^{161,162}

(3) 임신부 심장정지 시 태아 출산

임신부에게 심장정지가 임박하거나, 발생한 경우 가능한 한 빨리 자궁적출술이나 제왕절개술을 시행해야 한다. 조기 출산은 대동맥과 대정맥 압박을 해소하여 소생술 예후를 호전시킬 수 있다.¹⁶³ 심장정지 임신부에서 제왕절개를 시행한 몇 가지 연구에서 5분 이내에 성공적인 제왕절개를 수행한 경우 태아의 생존율이 높았다.¹⁶⁴ 따라서, 20주 이상의 임신부 혹은 배꼽 상부에서 자궁이 만져지는 임신부에서 초기 4분 동안 심폐소생술을 시행했음에도 소생이 되지 않을 때는 5분 이내에 제왕절개를 시행할 것을 권고한다.

(4) 제세동

임신 중 경흉 저항에 변화는 없고 제세동이 태아 심장에 영향을 준다는 보고도 없으므로 표준 심폐소생술 지침에 따라 제세동을 시행한다.

(5) 기도관리

임신부는 저산소혈증의 발생 위험이 크고 위 역류와 흡인의 가능성이 크고 기관내삽관이 실패할 확률 역시 높다.^{165,166} 전문소생술 가이드라인에서는 구조자의 실력에 따라 백마스크, 성문상 기도기, 기관내삽관 중 한 가지 방법을 선택하여 기도를 유지하도록 권장하고 있으나, 가능한 조기에 기관내삽관을 시행할 경우 산소화 및 환기가 쉽고 흡인을 방지할 수 있다.

(6) 임신부 심장정지에 대한 의료기관의 대비

임신부의 심폐소생술 과정에서 중요한 요소는 응급 제왕절개 팀을 호출하는 것이다. 소생술을 제공하는 의료종사자는 자기 근무 환경에서 가장 빠르게 제왕절개 팀을 활성화하는 방법에 대해 명확히 숙지하고 있어야 한다. 또한, 산부인과 의사, 분만실, 마취 의사 등 관련 부서 및 인력에 의한 팀 구성과 팀의 각 구성원에게 역할을 명확히 부여함으로써 응급상황에서 실행할 수 있도록 교육해야 한다. 임신부 심장정지에 대한 저체온 요법은 일반 성인에게 적용되는 기준에 따라 적용한다. 단, 저체온 기간에는 태아 감시 장치를 붙이고 산부인과 및 신생아 전문가와 긴밀한 협조가 필요할 것이다.^{167,168}

4) 폐색전증으로 인한 심장정지

폐색전증에 의한 심장정지는 정맥 혈전 색전증의 가장 위험한 합병증이며, 대부분 심부정맥혈전에서 생긴다.¹⁶⁹ 2020년 심폐소생술 국제연락위원회의 체계적 문헌고찰에서 폐색전증에 의한 심장정지에서 치료 방법별 예후를 평가하였고 이에 따른 결과와 권고 사항은 아래와 같다.

(1) 혈전용해제

30일째 좋은 신경학적 예후를 가진 생존에 대하여 매우 낮은 확실성을 가진 근거가 있었다(심각한 부정확성과 매우 심각한 비뚤림 위험으로 근거 수준이 낮아짐). Böttiger 등이 시행한 1개의 무작위 대조군 연구에 의하면, 폐색전증이 확인된 37명의 심장정지 환자를 대상으로 혈전용해제를 사용한 군과 사용하지 않은 군 사이에 유의한 치료 결과의 차이가 없었다.¹⁷⁰ Javaudin 등이 시행한 1개의 관찰 연구에서도 두 군 간에 유의한 차이는 없었다.¹⁷¹ 30일 생존 여부에 대하여 매우 낮은 확실성을 가진 근거가 있었다. Javaudin 등이 시행한 1개의 관찰 연구에 의하면 중재군이 대조군보다 생존율이 향상되었다.¹⁷¹ 퇴원 시 생존 여부에 대하여 매우 낮은 확실성을 가진 근거가 있었다. 3개의 후향적 관찰 연구가 있었

고 중재군과 대조군 사이에 유의한 결과 차이는 없었다.¹⁷²⁻¹⁷⁴

자발순환회복 여부에 대하여 매우 낮은 확실성을 가진 근거가 있었다. 3개의 연구 중 한 개의 연구에서 혈전용해제 사용이 대조군보다 이득이 있음을 보여주었다.¹⁷²⁻¹⁷⁴ 24시간 생존 여부에 대하여 매우 낮은 확실성을 가진 근거가 있었다. 1개의 관찰 연구에서는 두 군 간에 유의한 차이는 없으나, Janata 등의 연구에서는 중재군이 대조군과 비교하면 더 좋은 치료 결과를 보여주었다.¹⁷¹

(2) 수술적 색전제거술, 경피적 기계 혈전제거술

폐색전증에 의한 심장정지의 치료 수단으로서 수술적 색전제거술과 경피적 기계 혈전제거술에 대한 무작위 대조군 연구는 없으며, 매우 낮은 확실성을 가진 근거가 있다. 임상 예 관찰 연구에서 표준 심폐소생술을 시행 받은 환자에 비해 수술적 색전제거술을 받은 환자의 30일 생존율이 높았다. 1개의 임상 예 연구에서 경피적 기계적 혈전제거술을 시행 받은 7명의 환자 중 6명(85.7%)이 자발순환회복에 성공하였다.¹⁷⁵

(3) 한국 치료 지침

폐색전증이 심장정지의 원인으로 의심되는 경우 혈전용해제를 투여한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 폐색전증이 진단되었거나, 의심되는 심장정지 환자에게 혈전용해제, 수술적 색전제거술 또는 경피적 기계 혈전제거술(percutaneous mechanical thrombectomy)을 고려한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

폐색전증이 진단된 후 심장정지가 발생한 환자에게 이 지침을 적용하는 과정에 고려해야 할 사항이나 문제점은 없다. 반면, 심폐소생술 중인 환자의 경우 폐색전증의 진단이 쉽지 않으므로, 심장정지 상태인 환자에 대한 폐색전증의 진단 기준에 대한 추가 논의가 필요하다. 심폐소생술 중 초음파상 단순히 우심

방, 우심실의 팽대가 관찰되는 것만으로 폐색전증을 진단할 수는 없다.

5) 전해질 이상으로 인한 심장정지

전해질 이상은 심혈관계 응급상황과 관련이 있으며, 심장정지의 직접 원인이 되거나 심장정지를 발생시킬 수 있다. 또한, 자발순환회복의 장애 요인으로 작용할 수 있으며, 심장정지 후 혈액학적 안정상태를 회복하는 데에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 불안정한 심혈관계 응급환자에 대해서는 일반적인 전문 소생술 가이드라인에 추가하여 다음에서 언급하는 전해질 이상에 대한 치료 방법을 조기에 사용하는 것을 고려해야 한다.

(1) 고칼륨혈증

고칼륨혈증(혈청 칼륨농도 >5.5 mmol/L)은 부정맥과 심장정지를 유발할 수 있는 중요한 원인 중의 하나로서 신부전 또는 세포 내 칼륨이 세포 밖으로 이동할 때 흔히 발생한다. 심한 고칼륨혈증은 근육의 이완 마비, 감각 이상, 심부전 반사 저하, 또는 호흡곤란을 유발할 수 있다.¹⁷⁶⁻¹⁷⁸ 고칼륨혈증에서 가장 먼저 나타나는 변화는 심전도에 높고 뾰족한 T파가 관찰되는 것이다. 혈청 칼륨 이온의 농도가 증가하면 심전도에서 P파가 편평해지거나 소멸하며, PR 간격이 연장된다. 또한, QRS파가 넓어지며, S파가 깊어지고, S와 T파가 두드러지는 변화가 발생한다. 고칼륨혈증이 계속 진행하면 사인-파형(sine wave), 심실 고유리듬, 무수축 심장정지로 발전할 수 있다.¹⁷⁹ 고칼륨혈증의 치료는 다음의 우선순위로 권장된다. 세포 내로 칼륨을 이동시키는 치료는 빠르지만, 그 효과가 일시적이므로 반복 시행할 필요가 있다.

(가) 심근세포막의 안정화

5~10mL(500~1000mg)의 10% 염화칼슘(CaCl_2)을 2~5분간에 걸쳐 정맥주사 또는 15~30mL의

10% 글루콘산 칼슘(calcium gluconate)을 2~5분간에 걸쳐 정맥주사한다.¹⁸⁰

(나) 칼륨의 세포 내 이동

- ① 50mEq의 중탄산나트륨을 5분간 정맥주사한다.
- ② 25g(D50 50mL)의 포도당과 속효 인슐린 10U를 섞어서 15~30분간에 걸쳐 정맥주사하고 10% 포도당을 5시간 이상(포도당 25g) 정맥에 주사한다.^{19,181,182}
- ③ 10~20mg의 베타 효용제(albuterol)를 15분에 걸쳐 분무 흡입(베타 차단제를 복용 중인 환자나 40%의 말기 신부전환자에게는 효과가 없다고 알려져 있으므로 다른 치료와 병합치료로 사용)시킨다.^{183,184}

(다) 칼륨의 체외 배출

- ① 40~80mg의 furosemide를 정맥주사한다.
- ② 약물치료에 불응하는 고칼륨혈증이 계속될 때는 혈액투석을 고려한다.

(2) 저칼륨혈증

저칼륨혈증(혈청 칼륨농도<3.5 mmol/L)의 빈도는 낮지만, 위장관과 신장을 통한 칼륨 이온의 소실로 발생할 수 있으며, 저마그네슘혈증과 관련이 있다. 아주 심한 저칼륨혈증은 심근세포의 흥분성과 전도성에 변화를 줄 수 있고, 심전도상에서 U파의 출현, 편평해진 T파가 나타날 수 있다. 디곡신(digoxin)을 복용하고 있는 환자에게는 부정맥(특히 심실부정맥)을 유발하여 만약 치료하지 않는 경우 무맥성 전기 활동 또는 무수축을 일으킬 수 있다. 심장 독성, 특히 비틀림 심실빈맥 상황에서 저칼륨혈증의 치료는 칼륨을 수 시간에 걸쳐 천천히 정주하는 것이며, 급속한 칼륨의 투여는 추천하지 않는다.^{185,186} 일반적으로 시간당 10mmol의 속도로 정주하지만, 불안정한 부정맥이나 심장정지가 임박한 상황에서는 10분간

분당 2mmol의 속도로 주입하고 이후 5-10분간 10mmol을 투여할 수 있다. 저칼륨혈증과 저마그네슘혈증이 동반된 경우에는 50% 마그네슘 황산염(magnesium sulfate) 4mL를 10mL의 생리식염수에 섞어서 20분간 투여한 후 칼륨을 투여하도록 한다.¹⁸⁷

(3) 고마그네슘혈증

고마그네슘혈증은 마그네슘 혈청 농도가 2.2 mEq/L (1.1 mmol/L)를 초과할 때로 정의하며, 신경학적 증상으로는 근 약화 또는 마비, 운동실조, 기면, 혼돈 등 의식변화가 있다. 고마그네슘혈증은 혈관 확장을 통해 저혈압을 가져올 수 있으며, 혈청 마그네슘 농도가 아주 높은 경우에는 의식 저하, 서맥, 부정맥, 호흡 감소, 심장정지를 유발할 수 있다.^{188,189} 심전도에서 PR과 QT 간격이 길어지고 T파가 뾰족해지며, 방실차단 등이 나타날 수 있다. 고마그네슘혈증으로 인한 심장정지 환자의 경우, 5-10mL의 10% 염화칼슘 또는 15-30mL의 10% 글루콘산칼슘을 2-5분간에 걸쳐 정맥에 주사하는 것이 권장된다.

(4) 저마그네슘혈증

저마그네슘혈증은 마그네슘 혈청 농도가 1.3 mEq/L(0.6 mmol/L) 미만일 때로 정의하며 고마그네슘혈증보다 훨씬 발생빈도가 높다. 저마그네슘혈증은 주로 흡수가 감소하거나, 신장 또는 설사를 통한 장관에서의 소실에 기인하며, 갑상샘 기능 이상, 약물복용(펜타미딘, 이뇨제, 알코올), 영양결핍, 알코올 중독 등이 원인이 될 수 있다. 저마그네슘혈증은 비틀림 심실빈맥, 무맥성(다형) 심실빈맥을 포함한 다형 심실빈맥의 발생과 관련이 있으며, 심전도에서 PR 및 QT 간격이 길어지고 ST 분절의 저하와 T파의 역전, 편평 P파 등이 나타날 수 있다. 중증의 저마그네슘혈증이나 경련 시에는 50% 마그네슘 황산염 2g (4mL; 8mmol)을 10-15분간 정주하며, 비틀림 심실빈맥이 발생했을 때는 같은 용량을 1-2분간 투여한다.

(5) 칼슘

칼슘 전해질 이상이 심장정지의 원인으로 작용하는 것은 매우 드물다. 심장정지 상태에서 저칼슘혈증 또는 고칼슘혈증 치료의 효용성에 관한 연구는 아직 없지만, 고칼륨혈증이나 고마그네슘혈증이 심장정지의 원인으로 추정될 때 경험적으로 칼슘(10% 염화칼슘 5-10mL, 10% 글루콘산칼슘 15-30mL)을 2~5분에 걸쳐 정맥으로 투여할 수 있다.

6) 독성물질 섭취에 따른 심장정지

일반적으로 중독에 의한 심장정지나 사망의 빈도는 높지 않으나, 2000년도 이후 중등도 이상의 위험한 예후를 보이는 경우가 증가하였다.^{190,191} 2018년도 기준 주요 중독 물질은 진통제, 가정용 세척제, 개인 미용용품, 진정제, 수면제, 항정신병약, 항우울제 등이다.¹⁹¹ 자살시도 혹은 사고에 의한 살충제 중독에서 특히 사망률이 높으며, 젊은 나이에서 병원밖 심장정지가 발생했을 경우 중독이 원인인 경우가 많다.^{192,193} 중독에 의한 심장정지의 소생술은 일반적인 기본소생술과 전문소생술에 따라 진행한다. 몇 가지 경우를 제외하고는 심폐소생술 동안에 추천되는 특이 해독제나 독성물질에 따른 중재술은 없다. 자발순환이 회복되면, 임상 독성전문의 혹은 중독정보센터에 즉시 의뢰할 것을 추천한다.

(1) 급성 중독에서 심혈관계 응급

중독 물질은 직간접적으로 심혈관계 응급상황을 초래할 수 있으며, 특히 직접 작용했을 경우 혈압과 심근 수축 및 전도에 영향을 끼칠 수 있다. 코카인이나 암페타민과 같은 아드레날린 길항제는 심각한 고혈압을 유발할 수 있고 벤조다이아제핀, 혈관확장제 및 알파 길항제로 치료해야 한다.

살충제, 버섯, 리튬, 이노제, 콜린 유사약물(cholinomimetics) 등 급격한 체액량 손실을 유발하는 물질이나 알코올, 항고혈압약, 항콜린성 약물, 삼환계 우울증약, 칼슘 통로 길항제, 마약 등 혈관 확장의 원

인이 되는 물질들은 저혈압을 유발할 수 있다. 또한, 향콜린성 약물, 교감신경흥분제, 항부정맥제, 할로젠계 탄화수소 등은 빈맥이나 서맥을 유발할 수도 있다.

(2) 급성 중독에서 신경계 응급

중독 물질은 의식 저하, 경련, 운동 장애 등의 신경계 응급상황을 초래할 수도 있다. 일반적으로 대사성 혼수의 경우 눈머리 반사와 안구진정 반사가 정상이며, 대칭적인 운동 반응을 보인다. 때에 따라 동공의 크기(마약 중독, 축동; 향콜린성 약물, 산동)가 진단에 도움이 될 수도 있다. 항히스타민제, 항우울제, 항정신병제, 항생제, 리튬, 카페인, 코카인, 암페타민, 살충제, 일산화탄소 중독의 경우 경련을 유발할 수도 있다.

(3) 소생술의 변경

중독에 의한 심장정지 환자의 소생술은 해독제, 제독, 배출 등의 치료를 함께 고려해야 하며, 특히 의료진의 안전을 최우선에 두어야 한다. 원인 미상의 심장정지나 다량의 사상자가 발생한 경우 중독에 의한 심장정지를 의심해야 하며, 시안화물, 황화수소, 부식제, 유기인제 등에 의한 중독 환자는 입-입 인공호흡을 시행하지 않도록 한다.

가능한 한 빨리 가족, 주변인, 친구, 구급대원들에게 독성물질에 대한 정보를 입수하고 냄새, 바늘 자국, 동공 크기, 입 주변의 부식 상태 등 진단에 단서가 될 수 있는 소견을 찾도록 한다. 젊은 성인의 경우 시간이 지남에 따라 독성물질이 대사되거나 배출될 수 있으므로 일반적인 심폐소생술보다 더 오랜 시간 심폐소생술을 시행해야 할 수도 있다. 중독 물질에 따라 지용성 유제(lipid emulsion), 체외순환 보조, 투석 등의 추가 치료도 고려해야 한다.¹⁹⁴⁻¹⁹⁷

(4) 중독 물질

(가) 아편 계(opioid) 중독

아편 계 중독은 중추신경계와 호흡계 마비를 유발하고 심장정지에 이를 수 있다. 따라서, 심장정지가 임박한 환자에게 기도를 확보하고 적절한 호흡 보조를 하는 것이 매우 중요하다. 심장정지 시 날록손(naloxone)을 투여하는 것이 예후를 호전시킨다는 증거는 불충분하므로 초기에는 고품질의 심폐소생술과 전문소생술을 하는 데에 집중해야 한다. 아편계 중독이 의심되는 환자에게 맥박은 만져지나, 호흡이 정상이 아닌 경우 혹은 임종 호흡을 하는 경우는 기본소생술과 전문소생술 중 날록손을 투여해 볼 수 있다.^{198,199} 날록손 투여 후 자발 호흡이 회복된 환자는 반드시 병원으로 후송하여 아편계 중독의 위험성이 배제되고 의식이 명료하며, 활력 징후가 정상화될 때까지 관찰이 필요하다. 작용 기간이 긴 아편 제제의 경우 날록손의 효과가 감소할 수 있으므로 반복 투여의 필요성을 판단할 필요가 있다.²⁰⁰⁻²⁰²

(나) 벤조다이아제핀

벤조다이아제핀 중독에 의한 심장정지 상황에서 해독제 사용의 유효성에 대한 과학적 근거는 없다. 심장정지의 소생술은 일반적인 기본소생술과 전문소생술에 따라 진행한다. 플루마제닐(flumazenil)은 중추신경계의 벤조다이아제핀 수용체에 작용하는 강력한 길항제이다. 플루마제닐의 투여는 벤조다이아제핀 과용으로 저하된 호흡과 중추신경계 기능을 회복시킨다. 심장정지의 처치에는 플루마제닐을 사용하지 않는다. 원인불명의 의식 저하 환자에게 플루마제닐의 투여는 위험할 수 있으므로 권장하지 않는다. 벤조다이아제핀 의존 환자에게 플루마제닐을 투여하는 경우, 경련을 일으킬 수 있고 삼환계 항우울제 약물을 함께 복용한 환자에게 경련, 부정맥, 저혈압이 유발될 수 있다.^{203,204}

(다) 베타 차단제

베타 차단제 중독에 의한 심장정지 상황에서 해독제 사용의 유효성에 대한 과학적 근거는 없다. 심장

정지의 소생술은 일반적인 기본소생술과 전문소생술에 따라 진행한다. 베타 차단제 약물 과용은 베타 수용체의 심각한 억제를 일으켜 고용량 혈관수축제를 투여해도 혈압저하와 심박출량 저하, 관류장애 등이 효과적으로 개선되지 않을 수 있다. 베타 차단제 약물 과용으로 혈액학적으로 불안정한 환자가 일반 치료에 반응하지 않을 때는 글루카곤, 고용량 인슐린, 칼슘염 정맥 투여 등으로 치료한다.

① 글루카곤

베타 차단제 중독과 관련해서 심각한 심혈관계 증상이 나타날 때 혈관수축제 등의 일반적 치료에 반응이 없다면 글루카곤 투여가 도움이 될 수도 있다. 추천되는 용법은 3~5분에 걸쳐 서서히 3~10mg을 일시 주사하고 이어서 3~5 mg/h로 점적 투여한다(0.05~0.15 mg/kg 일시 주사 후, 0.05~0.10 mg/kg/h로 점적 투여).²⁰⁵ 점적 투여량은 적절한 혈액학적 반응을 관찰하면서 증감한다. 글루카곤은 구토를 유발하기 때문에 중추신경계 기능 저하가 있는 환자에게 투여할 때는 투여 전에 기도를 확보한다.

② 인슐린

동물실험에서 고용량 인슐린과 포도당을 정맥주사하고 전해질을 감시해야 심근의 에너지 사용을 개선하여 베타 차단제 중독에 의한 혈액학적 불안정을 개선하고 생존율을 높일 수 있었다는 보고가 있다. 고용량 인슐린 투여는 베타 차단제 중독에 의한 쇼크 상태가 다른 치료에 반응하지 않을 때 고려해 볼 수 있다. 이상적인 용량이 아직 정해지지 않았으나 일반적으로는 1 U/kg의 속효 인슐린을 0.5 g/kg의 포도당과 함께 일시 주사하고 이어서 각각 0.5~1 U/kg/hr와 0.5 g/kg/hr로 지속적으로 점적 주사한다.²⁰⁶ 인슐린의 점적 투여량은 적절한 혈액학적 반응에 따라 증감하고 포도당은 혈당을 100~250 mg/dL(5.5~14 mmol/L)로 유지하도록 투여한다. 포도당을 투여하는 동안에는 혈당을 지속적(또는 15분마다)으로 감시해야 한다. 인슐린과 포도당 투여로 인한 칼륨 감소를 방지하기 위해 혈장 칼륨농도를 함께 감시한다.

③ 칼슘

일부 연구에 의하면 칼슘투여가 베타 차단제 중독에 도움이 될 수도 있다고 한다. 칼슘투여는 베타 차단제 중독으로 발생한 쇼크 상태가 다른 치료에 반응이 없을 때 고려해 볼 수 있다. 5~10분에 걸쳐 0.3 mEq/kg의 칼슘(10% 글루콘산칼슘 용액 0.6 mL/kg 또는 10% 염화칼슘 용액 0.2 mL/kg)을 정맥 투여하고 이어서 0.3 mEq/kg/hr로 점적 투여한다.²⁰⁷

④ 기타 치료

베타 차단제 중독을 혈관수축제를 포함한 모든 치료 방법으로 치료하였으나 심각한 저혈압이 해결되지 않을 때는 침습적 방법(대동맥 내 풍선 펌프, 심실보조 기구, 체외 순환보조)을 사용할 수도 있다.

(라) 칼슘 통로 차단제

칼슘 통로 차단제 중독은 일반적인 치료에 반응하지 않는 치명적인 저혈압과 서맥을 일으킬 수 있다. 2017년에 발표된 칼슘 통로 차단제 치료 지침에서는 칼슘 투여를 우선 치료 방법으로 권고하고 있다.²⁰⁸ 베타 차단제 중독에서와 마찬가지로 고용량 인슐린이 효과적이라는 증례 보고들이 있으며 1 U/kg의 인슐린을 우선 주사하고 시간당 1 U/kg의 용량으로 정맥주사하면서 치료 반응에 따라 용량을 조절하도록 권고하고 있다.²⁰⁹ 또한, 칼슘 통로 차단제 중독으로 인한 쇼크 상태가 다른 치료에 반응이 없을 때 글루카곤 투여나 체외 순환보조를 고려할 수도 있다.

(마) 국소마취제

국소마취제 중독(local anesthetic systematic toxicity; LAST)은 신경독성이나 심각한 심혈관계 허탈을 유발할 수 있다.^{210,211} 합병증을 주로 일으키는 약물은 부피바카인, 리도카인, 로피바카인으로 알려져 있다.²¹¹ 국소마취제 투여 후 심장정지가 발생한 경우 심폐소생술 중 지질 유탁액을 투여하는 것을 고려할 수 있다.^{195,212}

(바) 일산화탄소

일산화탄소는 무색, 무취, 무미, 비자극성 가스로 모든 탄소가 포함된 물질의 불완전 연소 시에 발생할 수 있다. 일산화탄소 중독은 혈액소의 산소운반능력을 저하하고 뇌와 심근에 직접적인 세포독성을 나타낸다. 일산화탄소 중독에 의한 심장정지 상황에서는 일반적인 기본소생술과 전문소생술에 따라 치료한다. 고압산소치료는 심각한 부작용의 발생률이 낮으므로 심각한 중독증상을 보이는 급성 일산화탄소 중독 환자의 치료로 유용하다. 고압산소치료는 일산화탄소 노출 후 6시간 이내에 가장 좋은 치료 효과가 있다. 임신 중인 환자에게는 일산화탄소 혈액소 농도만으로 고압산소치료의 필요성을 결정하기 어렵다. 대개 일산화탄소 혈액소 농도가 20% 이상이거나 태아의 심박동수에 이상이 있거나 태아 부전이 발생할 때 고압산소치료를 한다. 심근 손상이 발생한 일산화탄소 중독 환자는 고압산소치료에도 불구하고 손상 후 7년 이내 심혈관계뿐 아니라 다른 모든 원인에 의한 사망률이 증가하는 것으로 알려졌다.²¹³

(사) 시안화물(cyanide)

청산가리라고 불리는 시안화물은 치명적인 독성물질 중 하나이나 놀랍게도 주변에서 흔히 볼 수 있다. 공장 지역에서 흔한 물질이며 보석 세정제, 전기도금액, 향간에 제암제로 알려진 아미그달린(살구씨 등의 핵산물)에서 발견된다. 또한, 시안화물은 화재현장 연기의 주요 성분이므로, 호흡기관과 분비물에 검댕과 숯이 보이는 화재현장의 흡인 환자와 저혈압, 중추신경 기능 저하, 대사성 산증이 발생한 환자의 경우 시안화물중독 가능성에 대해 고려해야 한다.²¹⁴ 시안화물중독은 신속하게 심혈관계 기능을 떨어뜨려 저혈압, 젖산 산증, 중추성 무호흡, 경련 등을 일으킨다.

시안화물에 의해 심장정지가 발생하거나 심혈관계 불안정성이 발생한 환자에게는 시안화물 제거제로 알려진 시안화물 해독제(hydroxocobalamin 정맥주사, 아질산나트륨(sodium nitrite) 정맥주사, 또는 아질산 아밀(amylnitrite) 흡인)를 즉시 투여하고 가능한 빨리 티오황산나트륨(sodium thiosulfate)을 정맥주사한다.²¹⁵ 아질산나트륨은 메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia)을 일으키고 저혈압을 유발시키

기 때문에 적절한 감시가 필요하므로 시안화물 해독제가 특히 소아에게 안전한 해독제로 알려져 있다.

²¹⁶ 티오황산나트륨은 시안화물을 thiocyanate로 제독시키는 대사 반응을 증가시킨다. 시안화물의 치료에는 100% 산소 투여와 시안화물 해독제 투여, 티오황산나트륨 투여를 추천한다.

(아) 농약

국내 농약 중독 환자의 수를 추정하기가 쉽지 않을 정도로 농약은 매우 흔한 중독 물질이다. 독성이 강하고 흔히 음독하는 농약제제로는 유기인계 살충제, 카바메이트(carbamate)계, 피레스로이드(pyrethroid)계 등이 있다. 대부분의 유기인계 농약의 독성작용은 신경계 시냅스에서 콜린에스테라아제(cholinesterase) 기능을 저하시켜 아세틸콜린(acetylcholine)의 대사를 억제함으로써 일어난다. 아세틸콜린은 말초신경뿐 아니라 뇌, 척수, 심근 등의 신경 말단에서 신경전달물질로 작용하기 때문에 유기인계 농약은 중추신경과 심근에도 강한 독성을 나타낸다. 중추신경계 증상으로 불안, 진전, 어지럼, 두통, 섬망, 경련, 혼수 등이 나타날 수 있고 호흡중추를 마비시켜 호흡성 심장정지를 유발할 수 있다. DUMBEL (Diarrhea, Urinary Incontinence, Miosis, Bronchorrhea, Bradycardia, Bronchospasm, Emesis, Lacrimation) 등의 부교감신경 항진증상이 나타날 수 있고 기관지 경축이나 기관 분비물 과다로 인한 호흡부전이 나타나기도 한다. 니코틴 수용체 연관증상으로 빈맥, 고혈압, 골격근 속상수축이나 근무력 등이 동반될 수 있다.

유기인계 중독 치료의 해독제는 2-PAM과 아트로핀(atropine)이 있다. 2-PAM은 초기 성인에게 1g, 소아에게 20-40mg을 생리식염수에 희석하여 30분에 걸쳐 천천히 투여하고 1시간 이내 반복 투여하거나 보통 24-48시간 동안 500 mg/hr (400-1000 mg/hr) 정도 점적 투여하며, 증상이나 징후가 회복될 때까지 사용한다. 아트로핀은 중등도 이상의 독성 증상을 보이는 성인에게 2-4mg, 소아에게 0.05 mg/kg를 일시 주사하고 증상이 호전될 때까지 10-30분마다 반복 투여하거나 증량한다. 아트로핀 과다 투여 시에는 흥분, 환각, 정신착란, 경련 등의 중추신경계 부작용이 나타날 수 있다. 카바메이트계 농약

중독에서는 해독제로 아트로핀 투여를 권장하나 2-PAM의 사용에 대해서는 논란이 있다. 피레스로이드계 농약 중독의 특정 해독제는 알려진 바가 없다.

농약 중독에 의한 심장정지 상황에서의 소생술은 해독제 사용과 함께 일반적인 기본소생술과 전문소생술을 한다.

(자) 테트로도톡신

테트로도톡신은 복어에서 발견되는 독성물질로 주로 복어의 피부, 간, 난소, 장에 분포한다. 특히 난소에 고농도의 독이 있으며 산란기 때 독성이 강하다. 중독 증상의 지속 시간, 발현 속도, 중증도는 섭취한 테트로도톡신의 양에 의해 좌우된다. 테트로도톡신은 전압 의존성 나트륨 채널에 가역적으로 결합하여 나트륨의 유입을 차단함으로써, 신경조직의 탈분극을 막고 신경근 전달을 차단하여 신경독성을 나타낸다. 중추신경계와 말초신경계에 모두 작용하며 얼굴과 사지의 감각 이상, 오심과 구토, 복통, 설사 등의 위장관 증상, 두통, 어지러움을 일으키고 호흡중추를 직접 억제하거나 호흡근을 마비시켜 호흡 마비를 유발한다. 저혈압, 서맥, 부정맥과 같은 순환기계 중독증상과 혼수나 경련과 같은 중추신경계 중독증상도 발생할 수 있다. 테트로도톡신에 대한 해독제는 없고 보존적 치료가 중요하며 호흡 마비가 주요 사망 원인이므로 호흡을 주의 깊게 관찰해야 한다. 호흡부전의 증상이나 징후를 보이면 조기에 기관내 삽관과 기계 호흡을 통해 호흡을 보조해야 한다. 테트로도톡신 중독에 의한 심장정지 상황에서의 소생술은 일반적인 기본소생술과 전문소생술을 한다.

7) 익수

익수 환자는 가능한 병원으로 이송하여 평가하여야 한다. 특히, 소생술을 했던 환자(구조 호흡만이라도 했던 경우)가 의식이 명료하고 심폐기능이 정상적으로 유지된다고 하더라도 병원으로 이송하여 평가

와 모니터링을 하여야 한다. 차가운 물에 오랫동안 익수 상태에서 성공적으로 소생되거나 의식이 완전히 회복된 경우가 드물게 있으므로 사망이 분명한 경우가 아니면 현장에서 소생술을 시행하고 응급실로 이송해야 한다. 익수 환자의 경우 저산소혈증의 기간이 예후를 결정하는 가장 중요한 요소이므로 환자를 물에서 구조하는 즉시 인공호흡을 포함한 심폐소생술을 시행해야 한다.^{217,218} 구조자의 숙련도에 따라 물속에서 인공호흡이 가능한 때도 있다. 구조자가 위험에 빠질 가능성이 없다면 물속 소생술(in-water resuscitation)을 시행할 수 있다.²¹⁹ 또한, 익수자를 구조한 보트에서 심폐소생술을 시행하는 것도 고려할 수 있다. 실제 익수환자의 경추 손상 발생률은 낮으므로 경추 손상이 의심되는 상황이 아니라면 모든 환자에게 경추 고정을 하는 것은 권장하지 않는다.^{220,221} 병원으로 이송하는 도중 저산소혈증이 발생하는 환자는 94% 이상의 산소포화도를 유지하도록 산소를 투여하고 필요에 따라 기관내삽관을 시행할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수 후 중등도 혹은 중증의 급성 폐 손상(acute lung injury)이 발생했을 경우 기계환기(mechanical ventilation)를 대신하여 비침습적 환기(non-invasive ventilation)를 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).^{221,222} 단, 비침습 환기는 글라스고 혼수 척도가 12점 이상이거나, 혈액학적으로 안정적인 환자만을 대상으로 연구되었으므로 모든 익수 환자에게 적용하기에는 부적절할 수 있다.

8) 중증 저체온증

체온이 30℃ 미만의 중증 저체온증은 심박수와 호흡수를 급격히 감소시키기 때문에 심장정지 여부를 판단하기 어렵다. 따라서, 시반이나 소생할 수 없는 외상의 경우가 아니라면 체온이 정상으로 회복될 때까지 기본소생술 및 전문소생술을 지속해야 한다. 침습적 방법을 포함한 적극적인 가온이 필요하며 일반적인 병원밖 심장정지 상황보다 조기에 병원으로 이송해야 할 필요가 있다.²²³ 젖은 옷을 벗겨서 열손실을 방지하고 가온 가습한 산소와 수액의 투여 및 온수를 이용한 흉강 혹은 복강세척술이 필요할 수

도 있다.²²⁴⁻²²⁶ 체외순환 장비를 이용하면 가온 속도를 높일 수도 있다.²²⁷⁻²²⁹ 중증 저체온 환자의 경우 약물중독, 알코올 중독, 외상 등의 다른 질환이 동반될 수 있으므로 가온 치료를 하면서 원인 감별이 필요하다. 중증 저체온으로 인한 심장정지가 발생했을 경우 기본소생술 및 전문소생술은 표준 가이드라인에 따라 시행하도록 한다.

9) 전기 충격과 낙뢰와 관련된 심장정지

집이나 사업장에서 사용하는 교류 전기에 의한 감전은 강직성 골격근 연축을 유발하여 감전 부위로부터 피해자가 떨어지지 못해 장시간 감전에 노출된다. 낙뢰가 발생한 경우 동시다발적으로 환자가 생길 수 있다. 감전 환자를 구조할 때에는 구조자의 안전이 가장 중요하고 안전성을 반드시 확보한 후 구조에 임해야 한다.

낙뢰로 인한 사망의 중요한 원인은 심장정지이며, 심실세동 혹은 무수축과 관련이 있다. 낙뢰로 손상된 후에 보통 심장의 자동능으로 심장의 기능은 자발적으로 회복되지만, 자발순환이 회복된 이후에도 흉부 근육연축과 호흡중추가 억제된 상태에서 호흡정지는 지속될 수 있다. 이때 호흡에 대한 치료가 이루어지지 않으면 호흡정지로 인한 저산소성 심장정지가 이차적으로 유발될 수 있다. 낙뢰로 인한 희생자 중 호흡이나 심장정지가 발생하지 않았거나 즉각적인 처치로 호전된 경우 완전히 회복될 가능성이 크다. 따라서 낙뢰로 다수의 환자가 발생한 경우는 호흡 또는 심장정지 환자를 가장 먼저 치료해야 한다.

만약 호흡이나 순환의 증거가 없다면 바로 기본소생술을 시작하고 자동제세동기를 사용하여 심실빈맥 혹은 심실세동을 치료해야 한다. 두개 및 경추 손상의 가능성이 있으므로 경추 고정을 유지해야 한다. 과도한 연조직 부종이 발생할 수 있으므로 기도유지에 문제가 발생할 가능성이 있을 때는 조기에 기관 내삽관을 한다. 과도한 조직 손상 및 괴사로 인한 저혈량 쇼크와 지속적인 수액의 손실 등이 유발되므로 수액 공급을 충분히 유지해야 한다.

10) 경피 관상동맥중재술 중 발생한 심장정지

경피 관상동맥중재술 중 심장정지가 발생하면 기계 심폐소생술 장치를 사용하는 것이 권장된다.²³⁰ 대동맥 내 풍선 펌프나, Impella®, TandemHeart® 등의 경피심실보조장치를 사용할 수 있으나, 이들의 유용성은 아직 확립되지 않았다.²³¹ 최근 여러 체계적 문헌고찰에서 체외순환심폐소생술의 유용성에 대해 보고하였으나, 명확한 권고 사항을 도출하지는 못하였다. 따라서, 경피 관상동맥중재술 중 발생한 심장정지 환자에 대한 체외순환심폐소생술이나 기타 보조장치의 사용은 환자의 상태와 전문 시술팀의 숙련도를 고려하여 결정한다.

11) 심장눌림증으로 인한 심장정지

심장눌림증으로 심장정지가 발생했을 경우 응급 개흉술을 시행하는 것이 최선의 치료지만, 초음파를 이용한 심장막천자를 시도할 수 있다. 만약 초음파를 사용할 수 없는 경우라면 초음파를 사용하지 않고 심장막천자를 시도해 볼 수도 있다.²³²

12) 심장 수술에 따른 심장정지

심장 수술 후 환자의 1~8% 정도에서 심장정지가 발생하며, 심실세동, 혈량 저하증, 심장눌림증, 긴장성기흉 등이 원인이다. 가슴이나 배가 절개되어 있는 수술실에서 심장정지가 발생했을 때나 심장 수술 직후에는 개흉 심폐소생술(open-chest CPR)을 시도할 수 있다.^{233,234} 심장 수술 후에 심장정지가 발생하였을 때 심장 수술을 위한 의료진이 곁에 있다면 적절한 장비를 갖춘 중환자실에서는 흉골 재절개술(emergency resternotomy)을 한 후 직접 심장 압박을 할 수 있다. 그러나, 흉골 재절개술이 불가능한

상황이라면 우선 표준 심폐소생술을 시행해야 한다. 심장 수술 후 박동조율기를 삽입하고 중환자실에서 치료 중인 환자가 무수축이나 무맥성 전기활동이 발생하면 즉시 심박조율을 시도할 수 있다. 이때 혈액학적 상태와 심전도 감시가 필요하며, 심박조율이 적절히 되지 않으면 전문소생술을 시행해야 한다.²³⁵ 심장 수술 후에 심장정지가 발생하였을 때 전문소생술에 반응이 없다면 기계적 순환 보조 방법이 도움이 될 수 있다.^{236,237}

11. 병원내 심장정지

병원내 심장정지(in-hospital cardiac arrest)는 병원 내에서 발생하는 모든 심장정지로 정의할 수 있다. 여기에는 다양한 병원 환경에서 환자나 병원 방문자, 또는 병원 직원의 심장정지가 포함된다. 따라서 병원내 심장정지는 기본소생술 및 전문소생술이 종종 동시에 시작되고 적용될 수 있다.

이전 심폐소생술 가이드라인에서 병원내 심장정지 생존사슬의 첫 번째 고리로 제시된 ‘심장정지의 예방과 조기인지’의 중요성은 2020년 심폐소생술 가이드라인에서도 마찬가지로 강조된다. 2020년 병원내 심폐소생술 가이드라인에서는 ‘심장정지의 조기 인지와 심폐소생술 팀 호출’이 생존사슬의 첫 고리이다. 뒤이어 ‘고품질의 심폐소생술’, ‘제세동’, ‘전문소생술’과 ‘소생후 치료’가 이어지며 이를 통해 병원내 심장정지 환자의 예후 향상을 기대한다. 병원내 심장정지의 생존을 위해서는 신속대응팀 운영, 전문소생술 교육, 심장정지 치료 체계 확립, 질 향상 활동 등 적절한 생존 환경이 구축되어야 한다. 병원내 심장정지 환자에게 조기에 제세동과 심폐소생술이 이루어졌을 때 뇌 기능의 회복률이 높았다고 보고되었다.

238-240

병원에 입원하였지만, 상태가 좋지 않은 환자는 언제든지 심장정지가 발생할 가능성이 있다. 이러한 환자들은 일반적으로 심장정지 이전 몇 시간 또는 며칠 동안 악화된 증상과 징후를 보이게 된다.²⁴¹ 이전

보고들에 의하면, 성인 환자의 병원내 심장정지가 발생하는 시기는 주로 2일 이내라고 하며, 1000명의 입원환자당 약 1.5-2.8명가량 심장정지가 발생하는 것으로 알려져 있다.²⁴²⁻²⁴⁷

사실 성인의 병원내 심장정지로 인한 생존은 상당히 가변적이다.²⁴⁸ 그 이유는 해당 병원마다 의료 제공의 수준과 의료 인력 배치의 적정성이 다양하기 때문이다. 따라서 병원내 심장정지 환자의 치료 결과는 여러 가지 요인에 따라 결정된다. 이러한 요인 중 일부는 교정할 수 있지만, 교정이 불가능한 요인도 존재한다. 교정 불가능한 요인으로서는 환자의 나이, 성별, 동반 질환, 그리고 심장정지의 원인 등이 있다.^{249,250} 그러나 교정 가능한 요소의 가장 좋은 예는 심장정지가 발생한 장소이다. 일반 병동에서 심장정지가 발생하는 경우 일반적으로 환자가 적절히 모니터링되지 않으며, 심장정지가 목격되지 않을 수 있으므로, 일반 병동에서의 심장정지는 결과가 좋지 않을 수 있다.^{245,251} 만일 적절한 모니터가 이루어지고 대응 가능한 인력이 상주하는 중환자실이나 집중관찰실 등에서 심장정지 환자가 발견된 경우, 그 대처와 예후가 더욱 좋아질 수 있다. 따라서 기관별로 병원내 심장정지에 적절히 대응할 수 있는 신속대응팀을 구성하여야 하고, 조기 예측 점수를 통한 환자 선별 관리 시스템을 도입하는 것이 중요하다.

1) 신속대응시스템 (Rapid response system)

신속대응시스템은 상태가 빠르게 악화하는 입원환자를 조기에 발견하여 적절한 대응을 하기 위해 고안된 체계이다.²⁵² 신속대응팀 개입에는 산소 치료 및 정맥 수액 주입 시작과 같은 비교적 간단한 치료뿐만 아니라 환자를 중환자실로 이송하거나 심폐소생술 거부 결정(do-not-resuscitate), 심폐소생술을 포함한 추가적 치료를 단계적 확대하여 적극적으로 치료할 것인가에 관한 결정, 말기 환자의 돌봄 계획과 임종에 관한 논의 등 복잡한 의사결정도 포함된다.

국내외 여러 기관에서 신속대응시스템을 시행하는 팀의 명칭은 신속대응팀 (rapid response team; RRT)을 포함하여 medical alert team (MAT), medical emergency team (MET) 등 다양하다. 다만, 그

역할이 증상이 악화할 위험이나 징후가 높은 환자를 미리 찾아내고 처치하여 심장정지를 미리 예방한다는 점에서 모두 같은 기능을 한다고 볼 수 있다. 신속대응시스템이 환자의 생존 개선과 심장정지 빈도 감소 등 치료 결과에 확실한 효과가 있는지에 대해서는 아직 논란의 여지가 있으나 성공적인 신속대응 시스템을 위해서는 입원환자에 대한 적절한 관찰, 상태 악화 감지 및 맞춤형 대응을 보증할 수 있는 환경 구축이 필요하다.²⁵³

최근 국내외 여러 연구에서 신속대응시스템의 운영은 병원내 심장정지 발생률을 줄이고, 사망률의 감소와 연관이 있다고 발표하였다.²⁵⁴⁻²⁵⁶ 다만 신속대응팀을 운영하는 것이 병원내 환자들의 심장정지를 예방할 수 있지만, 이 시스템의 어떤 구성요소가 심장정지의 예방과 치료에 영향을 주는지에 대하여 여러 의견들이 있어 향후 추가적 논의와 연구가 필요하다.

신속대응팀의 일반적인 구성은 환자 위험에 대한 특정한 호출 기준에 응답하는 의사와 간호사 등 중환자 치료 전담 의료진으로 구성된다. 기준에 심장정지 시 호출되는 팀을 완전히 대체할 수도 있으나 공조하여 그 역할을 수행할 수도 있다. 신속대응체계에서 중요한 요소는 입원환자를 돌보는 모든 구성원의 역할이다. 악화된 환자에 대해 도움을 요청할 수 있는 권한을 부여받아야 하며, 효과적인 의사소통을 위해 구조화된 의사소통에 관한 교육을 받는 것이 필요하다.²⁵⁷⁻²⁵⁹ 교육에는 활력 징후 측정, 평가 및 초기 치료 개입을 포함하는 구조화된 A-B-C-D-E (Airway-Breathing-Circulation-Disability-Exposure) 접근, 상황-배경-평가-권고와 같은 구조화된 의사소통, 그리고 도움을 요청하는 적절한 방법이 포함되어야 한다.²⁶⁰ 이를 통해 어떤 상황이나 배경에 있는 환자가 위험에 처했고 어떤 평가와 권고 사항을 받아 신속대응이 필요한지 알 수 있다. 환자를 돌보는 구성원에는 의료진뿐만 아니라 환자 자신과 가족이나 친지 등의 보호자도 포함될 수 있으며 이들에게도 팀을 활성화하도록 권장할 수 있다.

261-263

신속대응팀의 효과적인 대응을 위해서는 장비의 준비도 중요하다. 평소에 병원은 신속한 소생술을 진

행하기 위해 소생 관련 장비 및 약물에 즉시 접근할 수 있도록 정기적으로 관리 감독하여야 한다. 특정 장비의 누락 또는 오작동은 치료 지연의 원인이 된다.^{264,265}

2) 조기 경고 점수(early warning score)

신속대응시스템과 조기 경고 점수는 일반 병동에 입원한 환자의 심장정지에 적절한 대응을 위한 수단으로 효과적일 수 있다. 대부분의 병원내 심장정지 발생 사례는 심전도상 초기에 충격불필요리듬을 보이며, 호흡 부전이나 쇼크 등의 징후가 일반적으로 선행한다.^{78,245,247} 따라서 조기 경고 점수는 신속대응팀의 중증 환자 인지에 도움을 줄 수 있다.

임상 상황의 악화 및 중증 질환 발생을 조기에 발견하기 위해 의료진은 환자의 생리적 기록을 측정해야 하며, 얼마나 자주 기록해야 하는지를 포함하는 활력 징후 모니터링 계획을 문서로 만들어야 한다. 이를 위해 표준화된 조기 경고 점수를 사용하여 해결할 수 있다. 기존에 알려진 조기 경고 점수의 종류는 National Early Warning Score (NEWS), Modified Early Warning Score (MEWS) 등이 있지만 어떤 종류의 조기 경고 점수 시스템을 구축하고 선택할지는 각 병원별 상황에 따라 다를 수 있다. 다만 일반적으로는 국가의 지침과 일치해야 할 것이다. 예를 들어 영국에서는 National Early Warning Score (NEWS)가 National Institute for Health and Care Excellence (NICE) 지침에 의해 승인되어 사용 중이다.^{260,266}

조기 경고 점수를 구성하는 항목으로는 분당 호흡수, 산소포화도, 산소 투여 여부, 체온, 수축기 혈압, 분당 심박동수, AVPU로 구분한 의식의 수준 평가 등 7가지 항목이 포함된다. 예를 들면 National Early Warning Score (NEWS)의 경우는 7개 항목을 모두 포함하지만, 국내에서 흔히 사용되는 Modified Early Warning Score (MEWS)는 수축기 혈압, 분당 심박동수, 분당 호흡수, 체온, AVPU로 구분한 의식의 수준 평가 등 5개 항목으로 구성하고 각 항목 당 0~3점 사이의 점수를 부여하게 된다.²⁶⁷ MEWS 합

산 점수 4점 이하 시 저위험군으로 분류하여 경과를 관찰하고, 5점 이상을 중등도 위험군으로 분류하여 신속대응팀과 향후 진료에 대해 상의하도록 하며, 7점 이상은 고위험군으로 집중 치료가 필요할 수 있는 환자로 판단하고 적극적으로 개입하여 향후 진료 계획을 수립하여야 한다.

성인 병원내 심장정지 발생을 감소시키고자 하는 특정 목표를 가진 연구로서 조기 경고 점수 시스템의 사용에 대한 무작위 대조군 연구는 아직 확인된 바 없다. 그러나 일부 관찰 연구에서 수정 조기 경고 점수가 병원내 심장정지 발생의 예측과 관련이 있음이 보고된 바 있다.^{268,269} 조기 경고 점수와 관련하여 최근에는 환자의 상태 악화를 조기 발견하기 위해 기계학습방법을 포함한 다양한 방법들에 관해 관심이 집중되고 있다.

참고문헌

1. Soar J, Berg KM, Andersen LW, et al. Adult Advanced Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A80–A119.
2. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
3. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
4. Chalumeau M, Bidet P, Lina G, et al. Transmission of Panton–Valentine leukocidin–producing *Staphylococcus aureus* to a physician during resuscitation of a child. *Clin Infect Dis* 2005;41(3):e29–30.
5. Nam HS, Yeon MY, Park JW, Hong JY, Son JW. Healthcare worker infected with Middle East Respiratory Syndrome during cardiopulmonary resuscitation in Korea, 2015. *Epidemiol Health* 2017;39:e2017052.
6. Korean Society of Emergency Medicine. In–hospital CPR recommendations for suspected COVID–19 infection. Seoul, Korea: Korean Society of Emergency Medicine, 13 March 2020. (<http://www.emergency.or.kr/notice01/view.asp?gu=1&page=1&Key=1135>)
7. Soar J, Lott C, Böttiger BW, et al. [Advanced life support in adults European Resuscitation Council COVID–19 Guidelines]. *Notf Rett Med* 2020;23(4):248–50.
8. Edelson DP, Sasson C, Chan PS, et al. Interim Guidance for Basic and Advanced Life Support in Adults, Children, and Neonates With Suspected or Confirmed COVID–19: From the Emergency Cardiovascular Care Committee and Get With The Guidelines–Resuscitation Adult and Pediatric Task Forces of the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(25):e933–e43.
9. Perkins GD, Ji C, Deakin CD, et al. A Randomized Trial of Epinephrine in Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2018;379(8):711–21.

10. Kudenchuk PJ, Brown SP, Daya M, et al. Amiodarone, Lidocaine, or Placebo in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2016;374(18):1711–22.
11. Bengner JR, Kirby K, Black S, et al. Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320(8):779–91.
12. Crowe C, Bobrow BJ, Vadeboncoeur TF, et al. Measuring and improving cardiopulmonary resuscitation quality inside the emergency department. *Resuscitation* 2015;93:8–13.
13. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;337(5):301–6.
14. Pearce AK, Davis DP, Minokadeh A, Sell RE. Initial end-tidal carbon dioxide as a prognostic indicator for inpatient PEA arrest. *Resuscitation* 2015;92:77–81.
15. Grmec S. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. *Intensive Care Med* 2002;28(6):701–4.
16. Smereka J, Szarpak L, Czekajlo M, et al. The TrueCPR device in the process of teaching cardiopulmonary resuscitation: A randomized simulation trial. *Medicine (Baltimore)* 2019;98(27):e15995.
17. Zhou XL, Wang J, Jin XQ, Zhao Y, Liu RL, Jiang C. Quality retention of chest compression after repetitive practices with or without feedback devices: A randomized manikin study. *Am J Emerg Med* 2020;38(1):73–8.
18. Ahrens T, Schallom L, Bettorf K, et al. End-tidal carbon dioxide measurements as a prognostic indicator of outcome in cardiac arrest. *Am J Crit Care* 2001;10(6):391–8.
19. Apel J, Reutrakul S, Baldwin D. Hypoglycemia in the treatment of hyperkalemia with insulin in patients with end-stage renal disease. *Clin Kidney J* 2014;7(3):248–50.
20. Cournoyer A, Iseppon M, Chauny JM, Denault A, Cossette S, Notebaert E. Near-infrared Spectroscopy Monitoring During Cardiac Arrest: A Systematic Review and Meta-analysis. *Acad Emerg Med* 2016;23(8):851–62.

21. Engel TW, 2nd, Thomas C, Medado P, et al. End tidal CO(2) and cerebral oximetry for the prediction of return of spontaneous circulation during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2019;139:174–81.
22. Koscik C, Pinawin A, McGovern H, et al. Rapid epinephrine administration improves early outcomes in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(7):915–20.
23. Feinstein BA, Stubbs BA, Rea T, Kudenchuk PJ. Intraosseous compared to intravenous drug resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;117:91–6.
24. Kawano T, Grunau B, Scheuermeyer FX, et al. Intraosseous vascular access is associated with lower survival and neurologic recovery among patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 2018;71(5):588–96.
25. Callahan M, Madsen CD, Barton CW, Saunders CE, Pointer J. A randomized clinical trial of high-dose epinephrine and norepinephrine vs standard-dose epinephrine in prehospital cardiac arrest. *JAMA* 1992;268(19):2667–72.
26. Moreira ME, Hernandez C, Stevens AD, et al. Color-Coded Prefilled Medication Syringes Decrease Time to Delivery and Dosing Error in Simulated Emergency Department Pediatric Resuscitations. *Ann Emerg Med* 2015;66(2):97–106 e3.
27. Donnino MW, Saliccioli JD, Howell MD, et al. Time to administration of epinephrine and outcome after in-hospital cardiac arrest with non-shockable rhythms: retrospective analysis of large in-hospital data registry. *BMJ* 2014;348:g3028.
28. Lindner KH, Dirks B, Strohmenger HU, Prengel AW, Lindner IM, Lurie KG. Randomised comparison of epinephrine and vasopressin in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Lancet* 1997;349(9051):535–7.
29. Wenzel V, Krismer AC, Arntz HR, Sitter H, Stadlbauer KH, Lindner KH. A comparison of vasopressin and epinephrine for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med* 2004;350(2):105–13.
30. Callaway CW, Hostler D, Doshi AA, et al. Usefulness of vasopressin administered with

epinephrine during out-of-hospital cardiac arrest. *Am J Cardiol* 2006;98(10):1316–21.

31. Gueugniaud PY, David JS, Chanzy E, et al. Vasopressin and epinephrine vs. epinephrine alone in cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med* 2008;359(1):21–30.

32. Thel MC, Armstrong AL, McNulty SE, Califf RM, O'Connor CM. Randomised trial of magnesium in in-hospital cardiac arrest. *Duke Internal Medicine Housestaff. Lancet* 1997;350(9087):1272–6.

33. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015;95:100–47.

34. Skrifvars MB, Pettila V, Rosenberg PH, Castren M. A multiple logistic regression analysis of in-hospital factors related to survival at six months in patients resuscitated from out-of-hospital ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2003;59(3):319–28.

35. Kudenchuk PJ, Newell C, White L, Fahrenbruch C, Rea T, Eisenberg M. Prophylactic lidocaine for post resuscitation care of patients with out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(11):1512–8.

36. Meier P, Baker P, Jost D, et al. Chest compressions before defibrillation for out-of-hospital cardiac arrest: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *BMC Med* 2010;8:52.

37. Huang Y, He Q, Yang LJ, Liu GJ, Jones A. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) plus delayed defibrillation versus immediate defibrillation for out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;2014(9):CD009803.

38. Berdowski J, Tijssen JG, Koster RW. Chest compressions cause recurrence of ventricular fibrillation after the first successful conversion by defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010;3(1):72–8.

39. Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG, Koster RW. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 2010;81(11):1479–87.

40. Hanisch JR, Counts CR, Latimer AJ, Rea TD, Yin L, Sayre MR. Causes of Chest Compression

Interruptions During Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resuscitation. J Am Heart Assoc 2020;9(6):e015599.

41. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, et al. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. Circulation 2005;112(9):1259–65.

42. Brouwer TF, Walker RG, Chapman FW, Koster RW. Association Between Chest Compression Interruptions and Clinical Outcomes of Ventricular Fibrillation Out-of-Hospital Cardiac Arrest. Circulation 2015;132(11):1030–7.

43. Jost D, Degrange H, Verret C, et al. DEFI 2005: a randomized controlled trial of the effect of automated external defibrillator cardiopulmonary resuscitation protocol on outcome from out-of-hospital cardiac arrest. Circulation 2010;121(14):1614–22.

44. Berdowski J, ten Haaf M, Tijssen JG, Chapman FW, Koster RW. Time in recurrent ventricular fibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. Circulation 2010;122(11):1101–8.

45. White RD, Blanton DM. Biphasic truncated exponential waveform defibrillation. Prehosp Emerg Care 1999;3(4):283–9.

46. Carpenter J, Rea TD, Murray JA, Kudenchuk PJ, Eisenberg MS. Defibrillation waveform and post-shock rhythm in out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. Resuscitation 2003;59(2):189–96.

47. Stothert JC, Hatcher TS, Gupton CL, Love JE, Brewer JE. Rectilinear biphasic waveform defibrillation of out-of-hospital cardiac arrest. Prehosp Emerg Care 2004;8(4):388–92.

48. Tanabe S, Yasunaga H, Ogawa T, et al. Comparison of outcomes after use of biphasic or monophasic defibrillators among out-of-hospital cardiac arrest patients: a nationwide population-based observational study. Circ Cardiovasc Qual Outcomes 2012;5(5):689–96.

49. Schneider T, Martens PR, Paschen H, et al. Multicenter, randomized, controlled trial of 150-J biphasic shocks compared with 200- to 360-J monophasic shocks in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest victims. Optimized Response to Cardiac Arrest (ORCA) Investigators. Circulation 2000;102(15):1780–7.

50. van Alem AP, Chapman FW, Lank P, Hart AA, Koster RW. A prospective, randomised and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;58(1):17–24.
51. Morrison LJ, Dorian P, Long J, et al. Out-of-hospital cardiac arrest rectilinear biphasic to monophasic damped sine defibrillation waveforms with advanced life support intervention trial (ORBIT). *Resuscitation* 2005;66(2):149–57.
52. Kudenchuk PJ, Cobb LA, Copass MK, Olsufka M, Maynard C, Nichol G. Transthoracic incremental monophasic versus biphasic defibrillation by emergency responders (TIMBER): a randomized comparison of monophasic with biphasic waveform ascending energy defibrillation for the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest due to ventricular fibrillation. *Circulation* 2006;114(19):2010–8.
53. Martens PR, Russell JK, Wolcke B, et al. Optimal Response to Cardiac Arrest study: defibrillation waveform effects. *Resuscitation* 2001;49(3):233–43.
54. Wang CH, Huang CH, Chang WT, et al. Biphasic versus monophasic defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med* 2013;31(10):1472–8.
55. Walsh SJ, McClelland AJ, Owens CG, et al. Efficacy of distinct energy delivery protocols comparing two biphasic defibrillators for cardiac arrest. *Am J Cardiol* 2004;94(3):378–80.
56. Stiell IG, Walker RG, Nesbitt LP, et al. BIPHASIC Trial: a randomized comparison of fixed lower versus escalating higher energy levels for defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007;115(12):1511–7.
57. Koster RW, Walker RG, Chapman FW. Recurrent ventricular fibrillation during advanced life support care of patients with prehospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2008;78(3):252–7.
58. Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, et al. Part 7: Adult Advanced Cardiovascular Life Support: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S444–64.

59. Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, et al. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 2006;71(2):137–45.
60. Cheskes S, Schmicker RH, Christenson J, et al. Perishock pause: an independent predictor of survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest. *Circulation* 2011;124(1):58–66.
61. Cheskes S, Schmicker RH, Verbeek PR, et al. The impact of peri-shock pause on survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest during the Resuscitation Outcomes Consortium PRIMED trial. *Resuscitation* 2014;85(3):336–42.
62. Sell RE, Sarno R, Lawrence B, et al. Minimizing pre- and post-defibrillation pauses increases the likelihood of return of spontaneous circulation (ROSC). *Resuscitation* 2010;81(7):822–5.
63. Edelson DP, Robertson-Dick BJ, Yuen TC, et al. Safety and efficacy of defibrillator charging during ongoing chest compressions: a multi-center study. *Resuscitation* 2010;81(11):1521–6.
64. Perkins GD, Davies RP, Soar J, Thickett DR. The impact of manual defibrillation technique on no-flow time during simulated cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2007;73(1):109–14.
65. Hummel RS, 3rd, Ornato JP, Weinberg SM, Clarke AM. Spark-generating properties of electrode gels used during defibrillation. A potential fire hazard. *JAMA* 1988;260(20):3021–4.
66. Ward ME. Risk of fires when using defibrillators in an oxygen enriched atmosphere. *Resuscitation* 1996;31(2):173.
67. Theodorou AA, Gutierrez JA, Berg RA. Fire attributable to a defibrillation attempt in a neonate. *Pediatrics* 2003;112(3 Pt 1):677–9.
68. Pagan-Carlo LA, Spencer KT, Robertson CE, Dengler A, Birkett C, Kerber RE. Transthoracic defibrillation: importance of avoiding electrode placement directly on the female breast. *J Am Coll Cardiol* 1996;27(2):449–52.
69. Deakin CD, Sado DM, Petley GW, Clewlow F. Is the orientation of the apical defibrillation paddle of importance during manual external defibrillation? *Resuscitation* 2003;56(1):15–8.
70. Deakin CD, McLaren RM, Petley GW, Clewlow F, Dalrymple-Hay MJ. Effects of positive end-expiratory pressure on transthoracic impedance—implications for defibrillation. *Resuscitation*

1998;37(1):9–12.

71. Cabañas JG, Myers JB, Williams JG, De Maio VJ, Bachman MW. Double Sequential External Defibrillation in Out-of-Hospital Refractory Ventricular Fibrillation: A Report of Ten Cases. *Prehosp Emerg Care* 2015;19(1):126–30.
72. Ross EM, Redman TT, Harper SA, Mapp JG, Wampler DA, Miramontes DA. Dual defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: A retrospective cohort analysis. *Resuscitation* 2016;106:14–7.
73. Cheskes S, Dorian P, Feldman M, et al. Double sequential external defibrillation for refractory ventricular fibrillation: The DOSE VF pilot randomized controlled trial. *Resuscitation* 2020;150:178–84.
74. Kim HE, Lee KJ, Jo YH, et al. Refractory Ventricular Fibrillation Treated with Double Simultaneous Defibrillation: Pilot Study. *Emerg Med Int* 2020;2020:5470912.
75. Chung SP, Sakamoto T, Lim SH, et al. The 2015 Resuscitation Council of Asia (RCA) guidelines on adult basic life support for lay rescuers. *Resuscitation* 2016;105:145–8.
76. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, et al. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320(8):769–78.
77. Jabre P, Penaloza A, Pinero D, et al. Effect of Bag-Mask Ventilation vs Endotracheal Intubation During Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Outcome After Out-of-Hospital Cardiorespiratory Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;319(8):779–87.
78. Andersen LW, Holmberg MJ, Berg KM, Donnino MW, Granfeldt A. In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA* 2019;321(12):1200–10.
79. Soar J, Maconochie I, Wyckoff MH, et al. 2019 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Pediatric Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; and First Aid Task Forces. *Circulation* 2019;140(24):e826–e80.
80. Andersen LW, Granfeldt A, Callaway CW, et al. Association Between Tracheal Intubation

During Adult In-Hospital Cardiac Arrest and Survival. JAMA 2017;317(5):494–506.

81. Cook TM, Kelly FE. Time to abandon the 'vintage' laryngeal mask airway and adopt second-generation supraglottic airway devices as first choice. Br J Anaesth 2015;115(4):497–9.
82. Duckett J, Fell P, Han K, Kimber C, Taylor C. Introduction of the I-gel supraglottic airway device for prehospital airway management in a UK ambulance service. Emerg Med J 2014;31(6):505–7.
83. Larkin C, King B, D'Agapeyeff A, Gabbott D. iGel supraglottic airway use during hospital cardiopulmonary resuscitation. Resuscitation 2012;83(6):e141.
84. Kette F, Reffo I, Giordani G, et al. The use of laryngeal tube by nurses in out-of-hospital emergencies: preliminary experience. Resuscitation 2005;66(1):21–5.
85. Martin-Gill C, Prunty HA, Ritter SC, Carlson JN, Guyette FX. Risk factors for unsuccessful prehospital laryngeal tube placement. Resuscitation 2015;86:25–30.
86. Sunde GA, Brattebø G, Odegården T, Kjernlie DF, Rødne E, Heltne JK. Laryngeal tube use in out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Norway. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2012;20:84.
87. Benoit JL, Gerecht RB, Steuerwald MT, McMullan JT. Endotracheal intubation versus supraglottic airway placement in out-of-hospital cardiac arrest: A meta-analysis. Resuscitation 2015;93:20–6.
88. Kramer-Johansen J, Wik L, Steen PA. Advanced cardiac life support before and after tracheal intubation—direct measurements of quality. Resuscitation 2006;68(1):61–9.
89. Katz SH, Falk JL. Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. Ann Emerg Med 2001;37(1):32–7.
90. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. Ann Emerg Med 2009;54(5):645–52.e1.
91. Sayre MR, Sakles JC, Mistler AF, Evans JL, Kramer AT, Pancioli AM. Field trial of endotracheal intubation by basic EMTs. Ann Emerg Med 1998;31(2):228–33.

92. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A. Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand* 2012;56(2):164–71.
93. Callaham M, Barton C. Prediction of outcome of cardiopulmonary resuscitation from end-tidal carbon dioxide concentration. *Crit Care Med* 1990;18(4):358–62.
94. Cantineau JP, Lambert Y, Merckx P, et al. End-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation in humans presenting mostly with asystole: a predictor of outcome. *Crit Care Med* 1996;24(5):791–6.
95. Levin PD, Pizov R. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;337(23):1694–5.
96. Wayne MA, Levine RL, Miller CC. Use of end-tidal carbon dioxide to predict outcome in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1995;25(6):762–7.
97. Smekal D, Johansson J, Huzevka T, Rubertsson S. A pilot study of mechanical chest compressions with the LUCAS™ device in cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2011;82(6):702–6.
98. Perkins GD, Lall R, Quinn T, et al. Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385(9972):947–55.
99. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D, et al. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. *JAMA* 2014;311(1):53–61.
100. Wang H-C, Chiang W-C, Chen S-Y, et al. Video-recording and time-motion analyses of manual versus mechanical cardiopulmonary resuscitation during ambulance transport. *Resuscitation* 2007;74(3):453–60.
101. Hallstrom A, Rea TD, Sayre MR, et al. Manual chest compression vs use of an automated chest compression device during resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *JAMA* 2006;295(22):2620–8.

102. Paradis NA, Young G, Lemeshow S, Brewer JE, Halperin HR. Inhomogeneity and temporal effects in AutoPulse Assisted Prehospital International Resuscitation—an exception from consent trial terminated early. *Am J Emerg Med* 2010;28(4):391–8.
103. Tomte O, Sunde K, Lorem T, et al. Advanced life support performance with manual and mechanical chest compressions in a randomized, multicentre manikin study. *Resuscitation* 2009;80(10):1152–7.
104. Wik L, Olsen J–A, Persse D, et al. Manual vs. integrated automatic load–distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. *Resuscitation* 2014;85(6):741–8.
105. Panchal AR, Bartos JA, Cabanas JG, et al. Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 2):S366–S468.
106. Agostinucci JM, Ruscev M, Galinski M, et al. Out–of–hospital use of an automated chest compression device: facilitating access to extracorporeal life support or non–heart–beating organ procurement. *Am J Emerg Med* 2011;29(9):1169–72.
107. Bartos JA, Grunau B, Carlson C, et al. Improved Survival With Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation Despite Progressive Metabolic Derangement Associated With Prolonged Resuscitation. *Circulation* 2020;141(11):877–86.
108. Cesana F, Avalli L, Garatti L, et al. Effects of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation on neurological and cardiac outcome after ischaemic refractory cardiac arrest. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2018;7(5):432–41.
109. Choi DH, Kim YJ, Ryoo SM, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation among patients with out–of–hospital cardiac arrest. *Clin Exp Emerg Med* 2016;3(3):132–8.
110. Han KS, Kim SJ, Lee EJ, Lee SW. The effect of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in re–arrest after survival event: a retrospective analysis. *Perfusion* 2020;35(1):39–47.
111. Hase M, Tsuchihashi K, Fujii N, et al. Early defibrillation and circulatory support can provide

better long-term outcomes through favorable neurological recovery in patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin. *Circ J* 2005;69(11):1302–7.

112. Kim SJ, Jung JS, Park JH, Park JS, Hong YS, Lee SW. An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. *Crit Care* 2014;18(5):535.

113. Lee S-H, Jung J-S, Lee K-H, Kim H-J, Son H-S, Sun K. Comparison of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: is extracorporeal cardiopulmonary resuscitation beneficial? *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;48(5):318.

114. Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med* 2013;41(5):1186–96.

115. Mandigers L, Scholten E, Rietdijk WJR, et al. Survival and neurological outcome with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest caused by massive pulmonary embolism: A two center observational study. *Resuscitation* 2019;136:8–13.

116. Matsuoka Y, Ikenoue T, Hata N, et al. Hospitals' extracorporeal cardiopulmonary resuscitation capabilities and outcomes in out-of-hospital cardiac arrest: A population-based study. *Resuscitation* 2019;136:85–92.

117. Ohbe H, Isogai S, Jo T, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H. Extracorporeal membrane oxygenation improves outcomes of accidental hypothermia without vital signs: A nationwide observational study. *Resuscitation* 2019;144:27–32.

118. Patel JK, Meng H, Qadeer A, Parikh PB. Impact of Extracorporeal Membrane Oxygenation on Mortality in Adults With Cardiac Arrest. *Am J Cardiol* 2019;124(12):1857–61.

119. Patricio D, Peluso L, Brasseur A, et al. Comparison of extracorporeal and conventional cardiopulmonary resuscitation: a retrospective propensity score matched study. *Crit Care* 2019;23(1):27.

120. Poppe M, Weiser C, Holzer M, et al. The incidence of “load&go” out-of-hospital cardiac

arrest candidates for emergency department utilization of emergency extracorporeal life support: a one-year review. *Resuscitation* 2015;91:131–6.

121. Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation* 2014;85(6):762–8.

122. Schober A, Sterz F, Herkner H, et al. Emergency extracorporeal life support and ongoing resuscitation: a retrospective comparison for refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Emerg Med J* 2017;34(5):277–81.

123. Shinar Z, Plantmason L, Reynolds J, et al. Emergency Physician-Initiated Resuscitative Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Emerg Med* 2019;56(6):666–73.

124. Siao F-Y, Chiu C-C, Chiu C-W, et al. Managing cardiac arrest with refractory ventricular fibrillation in the emergency department: conventional cardiopulmonary resuscitation versus extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2015;92:70–6.

125. Tanno K, Itoh Y, Takeyama Y, Nara S, Mori K, Asai Y. Utstein style study of cardiopulmonary bypass after cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2008;26(6):649–54.

126. Venturini JM, Retzer E, Estrada JR, et al. Mechanical chest compressions improve rate of return of spontaneous circulation and allow for initiation of percutaneous circulatory support during cardiac arrest in the cardiac catheterization laboratory. *Resuscitation* 2017;115:56–60.

127. Yannopoulos D, Bartos JA, Martin C, et al. Minnesota resuscitation consortium's advanced perfusion and reperfusion cardiac life support strategy for out-of-hospital refractory ventricular fibrillation. *J Am Heart Assoc* 2016;5(6):e003732.

128. Yannopoulos D, Bartos JA, Raveendran G, et al. Coronary Artery Disease in Patients With Out-of-Hospital Refractory Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest. *J Am Coll Cardiol* 2017;70(9):1109–17.

129. Yoshida T, Fujitani S, Wakatake H, et al. Exploratory Observational Study of Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation for Nonshockable Out-Of-Hospital Cardiac Arrest Occurring After an

Emergency Medical Services Arrival: SOS-KANTO 2012 Study Report. *J Emerg Med* 2020;58(3):375–84.

130. Cho YH, Kim WS, Sung K, et al. Management of cardiac arrest caused by acute massive pulmonary thromboembolism: importance of percutaneous cardiopulmonary support. *ASAIO J* 2014;60(3):280–3.

131. Blumenstein J, Leick J, Liebetrau C, et al. Extracorporeal life support in cardiovascular patients with observed refractory in-hospital cardiac arrest is associated with favourable short and long-term outcomes: A propensity-matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2016;5(7):13–22.

132. Chen YS, Lin JW, Yu HY, et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet* 2008;372(9638):554–61.

133. Chou T-H, Fang C-C, Yen Z-S, et al. An observational study of extracorporeal CPR for in-hospital cardiac arrest secondary to myocardial infarction. *Emerg Med J* 2014;31(6):441–7.

134. Lin J-W, Wang M-J, Yu H-Y, et al. Comparing the survival between extracorporeal rescue and conventional resuscitation in adult in-hospital cardiac arrests: propensity analysis of three-year data. *Resuscitation* 2010;81(7):796–803.

135. Shin TG, Choi J-H, Jo IJ, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with inhospital cardiac arrest: a comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2011;39(1):1–7.

136. Shin TG, Jo IJ, Sim MS, et al. Two-year survival and neurological outcome of in-hospital cardiac arrest patients rescued by extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Int J Cardiol* 2013;168(4):3424–30.

137. Spindelboeck W, Gemes G, Strasser C, et al. Arterial blood gases during and their dynamic changes after cardiopulmonary resuscitation: A prospective clinical study. *Resuscitation* 2016;106:24–9.

138. Singer AJ, Nguyen RT, Ravishankar ST, et al. Cerebral oximetry versus end tidal CO(2) in

predicting ROSC after cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2018;36(3):403–7.

139. Breitzkreutz R, Price S, Steiger HV, et al. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial. *Resuscitation* 2010;81(11):1527–33.

140. Gaspari R, Weekes A, Adhikari S, et al. Emergency department point-of-care ultrasound in out-of-hospital and in-ED cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;109:33–9.

141. Chou HC, Chong KM, Sim SS, et al. Real-time tracheal ultrasonography for confirmation of endotracheal tube placement during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2013;84(12):1708–12.

142. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult Basic Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 1):S41–S91.

143. Leatherman JW, McArthur C, Shapiro RS. Effect of prolongation of expiratory time on dynamic hyperinflation in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Crit Care Med* 2004;32(7):1542–5.

144. Hostetler MA, Davis CO. Bilateral localized tension pneumothoraces refractory to needle decompression. *Pediatr Emerg Care* 1999;15(5):322–4.

145. Castle N, Tagg A, Owen R. Bilateral tension pneumothorax. *Resuscitation* 2005;65(1):103–5.

146. Harrison R. Chest compression first aid for respiratory arrest due to acute asphyxic asthma. *Emerg Med J* 2010;27(1):59–61.

147. Garvey LH, Dewachter P, Hepner DL, et al. Management of suspected immediate perioperative allergic reactions: an international overview and consensus recommendations. *Br J Anaesth* 2019;123(1):e50–e64.

148. Marik PE, Varon J, Fromm R, Jr. The management of acute severe asthma. *J Emerg Med* 2002;23(3):257–68.

149. Dhimi S, Panesar SS, Roberts G, et al. Management of anaphylaxis: a systematic review. *Allergy* 2014;69(2):168–75.

150. Sheikh A, Shehata YA, Brown SG, Simons FE. Adrenaline for the treatment of anaphylaxis: cochrane systematic review. *Allergy* 2009;64(2):204–12.
151. Song TT, Nelson MR, Chang JH, Engler RJ, Chowdhury BA. Adequacy of the epinephrine autoinjector needle length in delivering epinephrine to the intramuscular tissues. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2005;94(5):539–42.
152. Padhi S, Bullock I, Li L, Stroud M. Intravenous fluid therapy for adults in hospital: summary of NICE guidance. *BMJ* 2013;347:f7073.
153. Liyanage CK, Galappatthy P, Seneviratne SL. Corticosteroids in management of anaphylaxis; a systematic review of evidence. *Eur Ann Allergy Clin Immunol* 2017;49(5):196–207.
154. Nurmatov UB, Rhatigan E, Simons FE, Sheikh A. H₂-antihistamines for the treatment of anaphylaxis with and without shock: a systematic review. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2014;112(2):126–31.
155. Choo KJ, Simons E, Sheikh A. Glucocorticoids for the treatment of anaphylaxis: Cochrane systematic review. *Allergy* 2010;65(10):1205–11.
156. Chesnutt AN. Physiology of normal pregnancy. *Crit Care Clin* 2004;20(4):609–15.
157. Page–Rodriguez A, Gonzalez–Sanchez JA. Perimortem cesarean section of twin pregnancy: case report and review of the literature. *Acad Emerg Med* 1999;6(10):1072–4.
158. Cardosi RJ, Porter KB. Cesarean delivery of twins during maternal cardiopulmonary arrest. *Obstet Gynecol* 1998;92(4 Pt 2):695–7.
159. Humphries A, Mirjalili SA, Tarr GP, Thompson JMD, Stone P. The effect of supine positioning on maternal hemodynamics during late pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2019;32(23):3923–30.
160. Kundra P, Khanna S, Habeebullah S, Ravishankar M. Manual displacement of the uterus during Caesarean section. *Anaesthesia* 2007;62(5):460–5.
161. Holmes S, Kirkpatrick ID, Zelop CM, Jassal DS. MRI evaluation of maternal cardiac displacement in pregnancy: implications for cardiopulmonary resuscitation. *Am J Obstet Gynecol* 2015;213(3):401 e1–5.

162. Delgado C, Dawson K, Schwaegler B, Zachariah R, Einav S, Bollag L. Hand placement during chest compressions in parturients: a pilot study to identify the location of the left ventricle using transthoracic echocardiography. *Int J Obstet Anesth* 2020;43:31–5.
163. Einav S, Kaufman N, Sela HY. Maternal cardiac arrest and perimortem caesarean delivery: evidence or expert–based? *Resuscitation* 2012;83(10):1191–200.
164. Beckett VA, Knight M, Sharpe P. The CAPS Study: incidence, management and outcomes of cardiac arrest in pregnancy in the UK: a prospective, descriptive study. *BJOG* 2017;124(9):1374–81.
165. Mushambi MC, Athanassoglou V, Kinsella SM. Anticipated difficult airway during obstetric general anaesthesia: narrative literature review and management recommendations. *Anaesthesia* 2020;75(7):945–61.
166. Kinsella SM, Winton AL, Mushambi MC, et al. Failed tracheal intubation during obstetric general anaesthesia: a literature review. *Int J Obstet Anesth* 2015;24(4):356–74.
167. Rittenberger JC, Kelly E, Jang D, Greer K, Heffner A. Successful outcome utilizing hypothermia after cardiac arrest in pregnancy: a case report. *Crit Care Med* 2008;36(4):1354–6.
168. Song KH, Lee BK, Jeung KW, Lee SM. Safely completed therapeutic hypothermia in postpartum cardiac arrest survivors. *Am J Emerg Med* 2015;33(6):861 e5–6.
169. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Respir J* 2019. <https://doi.org/10.1183/13993003.01647-2019>.
170. Bottiger BW, Arntz HR, Chamberlain DA, et al. Thrombolysis during resuscitation for out–of–hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2008;359(25):2651–62.
171. Javaudin F, Lascarrou JB, Le Bastard Q, et al. Thrombolysis During Resuscitation for Out–of–Hospital Cardiac Arrest Caused by Pulmonary Embolism Increases 30–Day Survival: Findings From the French National Cardiac Arrest Registry. *Chest* 2019;156(6):1167–75.

172. Yousuf T, Brinton T, Ahmed K, et al. Tissue Plasminogen Activator Use in Cardiac Arrest Secondary to Fulminant Pulmonary Embolism. *J Clin Med Res* 2016;8(3):190–5.
173. Kürkciyan I, Meron G, Sterz F, et al. Pulmonary embolism as a cause of cardiac arrest: presentation and outcome. *Arch Intern Med* 2000;160(10):1529–35.
174. Janata K, Holzer M, Kürkciyan I, et al. Major bleeding complications in cardiopulmonary resuscitation: the place of thrombolytic therapy in cardiac arrest due to massive pulmonary embolism. *Resuscitation* 2003;57(1):49–55.
175. Fava M, Loyola S, Bertoni H, Dougnac A. Massive pulmonary embolism: percutaneous mechanical thrombectomy during cardiopulmonary resuscitation. *J Vasc Interv Radiol* 2005;16(1):119–23.
176. Rastegar A, Soleimani M. Hypokalaemia and hyperkalaemia. *Postgrad Med J* 2001;77(914):759–64.
177. Weiner ID, Wingo CS. Hyperkalemia: a potential silent killer. *J Am Soc Nephrol* 1998;9(8):1535–43.
178. Weiner M, Epstein FH. Signs and symptoms of electrolyte disorders. *Yale J Biol Med* 1970;43(2):76–109.
179. Frohnert PP, Giuliani ER, Friedberg M, Johnson WJ, Tauxe WN. Statistical investigation of correlations between serum potassium levels and electrocardiographic findings in patients on intermittent hemodialysis therapy. *Circulation* 1970;41(4):667–76.
180. Batterink J, Lin J, Au–Yeung SH, Cessford T. Effectiveness of Sodium Polystyrene Sulfonate for Short–Term Treatment of Hyperkalemia. *Can J Hosp Pharm* 2015;68(4):296–303.
181. Coca A, Valencia AL, Bustamante J, Mendiluce A, Floege J. Hypoglycemia following intravenous insulin plus glucose for hyperkalemia in patients with impaired renal function. *PLoS One* 2017;12(2):e0172961.
182. Scott NL, Klein LR, Cales E, Driver BE. Hypoglycemia as a complication of intravenous insulin to treat hyperkalemia in the emergency department. *Am J Emerg Med* 2019;37(2):209–13.

183. Ahmed J, Weisberg LS. Hyperkalemia in dialysis patients. *Semin Dial* 2001;14(5):348–56.
184. Allon M, Copkney C. Albuterol and insulin for treatment of hyperkalemia in hemodialysis patients. *Kidney Int* 1990;38(5):869–72.
185. Curry P, Fitchett D, Stubbs W, Krikler D. Ventricular arrhythmias and hypokalaemia. *Lancet* 1976;2(7979):231–3.
186. McCall BB, Mazzei WJ, Scheller MS, Thomas TC. Effects of central bolus injections of potassium chloride on arterial potassium concentration in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Anesth* 1990;4(5):571–6.
187. Kardalas E, Paschou SA, Anagnostis P, Muscogiuri G, Siasos G, Vryonidou A. Hypokalemia: a clinical update. *Endocr Connect* 2018;7(4):R135–R46.
188. Higham PD, Adams PC, Murray A, Campbell RW. Plasma potassium, serum magnesium and ventricular fibrillation: a prospective study. *Q J Med* 1993;86(9):609–17.
189. Mordes JP, Swartz R, Arky RA. Extreme hypermagnesemia as a cause of refractory hypotension. *Ann Intern Med* 1975;83(5):657–8.
190. Mowry JB, Spyker DA, Cantilena LR, Jr., McMillan N, Ford M. 2013 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 31st Annual Report. *Clin Toxicol (Phila)* 2014;52(10):1032–283.
191. Gummin DD, Mowry JB, Spyker DA, et al. 2018 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 36th Annual Report. *Clin Toxicol (Phila)* 2019;57(12):1220–413.
192. Park JH, Shin SD, Song KJ, Park CB, Ro YS, Kwak YH. Epidemiology and outcomes of poisoning-induced out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83(1):51–7.
193. Engdahl J, Axelsson A, Bang A, Karlson BW, Herlitz J. The epidemiology of cardiac arrest in children and young adults. *Resuscitation* 2003;58(2):131–8.
194. Graudins A, Lee HM, Druda D. Calcium channel antagonist and beta-blocker overdose: antidotes and adjunct therapies. *Br J Clin Pharmacol* 2016;81(3):453–61.

195. Gosselin S, Hoegberg LC, Hoffman RS, et al. Evidence-based recommendations on the use of intravenous lipid emulsion therapy in poisoning. *Clin Toxicol (Phila)* 2016;54(10):899–923.
196. Lam SH, Majlesi N, Vilke GM. Use of Intravenous Fat Emulsion in the Emergency Department for the Critically Ill Poisoned Patient. *J Emerg Med* 2016;51(2):203–14.
197. de Lange DW, Sikma MA, Meulenbelt J. Extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of poisoned patients. *Clin Toxicol (Phila)* 2013;51(5):385–93.
198. Kelly AM, Kerr D, Dietze P, Patrick I, Walker T, Koutsogiannis Z. Randomised trial of intranasal versus intramuscular naloxone in prehospital treatment for suspected opioid overdose. *Med J Aust* 2005;182(1):24–7.
199. Kerr D, Kelly AM, Dietze P, Jolley D, Barger B. Randomized controlled trial comparing the effectiveness and safety of intranasal and intramuscular naloxone for the treatment of suspected heroin overdose. *Addiction* 2009;104(12):2067–74.
200. Clarke SF, Dargan PI, Jones AL. Naloxone in opioid poisoning: walking the tightrope. *Emerg Med J* 2005;22(9):612–6.
201. Etherington J, Christenson J, Innes G, et al. Is early discharge safe after naloxone reversal of presumed opioid overdose? *CJEM* 2000;2(3):156–62.
202. Zuckerman M, Weisberg SN, Boyer EW. Pitfalls of intranasal naloxone. *Prehosp Emerg Care* 2014;18(4):550–4.
203. Treatment of benzodiazepine overdose with flumazenil. The Flumazenil in Benzodiazepine Intoxication Multicenter Study Group. *Clin Ther* 1992;14(6):978–95.
204. Pitetti RD, Singh S, Pierce MC. Safe and efficacious use of procedural sedation and analgesia by nonanesthesiologists in a pediatric emergency department. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003;157(11):1090–6.
205. Fahed S, Grum DF, Papadimos TJ. Labetalol infusion for refractory hypertension causing severe hypotension and bradycardia: an issue of patient safety. *Patient Saf Surg* 2008;2:13.
206. Kerns W, 2nd. Management of beta-adrenergic blocker and calcium channel antagonist

toxicity. *Emerg Med Clin North Am* 2007;25(2):309–31; abstract viii.

207. Holger JS, Engebretsen KM, Stellpflug SJ, Cole JB, Kerns W, 2nd. Critical care management of verapamil and diltiazem overdose with a focus on vasopressors: a 25-year experience at a single center. *Ann Emerg Med* 2014;63(1):91–2.

208. St-Onge M, Anseeuw K, Cantrell FL, et al. Experts Consensus Recommendations for the Management of Calcium Channel Blocker Poisoning in Adults. *Crit Care Med* 2017;45(3):e306–e15.

209. Cohen E, Du D, Joyce D, et al. Temporal requirements of insulin/IGF-1 signaling for proteotoxicity protection. *Aging Cell* 2010;9(2):126–34.

210. Neal JM, Barrington MJ, Fettiplace MR, et al. The Third American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Practice Advisory on Local Anesthetic Systemic Toxicity: Executive Summary 2017. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43(2):113–23.

211. Gitman M, Barrington MJ. Local Anesthetic Systemic Toxicity: A Review of Recent Case Reports and Registries. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43(2):124–30.

212. Cao D, Heard K, Foran M, Koyfman A. Intravenous lipid emulsion in the emergency department: a systematic review of recent literature. *J Emerg Med* 2015;48(3):387–97.

213. Henry CR, Satran D, Lindgren B, Adkinson C, Nicholson CI, Henry TD. Myocardial injury and long-term mortality following moderate to severe carbon monoxide poisoning. *JAMA* 2006;295(4):398–402.

214. Baud FJ, Barriot P, Toffis V, et al. Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation. *N Engl J Med* 1991;325(25):1761–6.

215. Kirk MA, Gerace R, Kulig KW. Cyanide and methemoglobin kinetics in smoke inhalation victims treated with the cyanide antidote kit. *Ann Emerg Med* 1993;22(9):1413–8.

216. Kiese M, Weger N. Formation of ferrihaemoglobin with aminophenols in the human for the treatment of cyanide poisoning. *Eur J Pharmacol* 1969;7(1):97–105.

217. Youn CS, Choi SP, Yim HW, Park KN. Out-of-hospital cardiac arrest due to drowning: An Utstein Style report of 10 years of experience from St. Mary's Hospital. *Resuscitation*

2009;80(7):778–83.

218. Suominen P, Baillie C, Korpela R, Rautanen S, Ranta S, Olkkola KT. Impact of age, submersion time and water temperature on outcome in near-drowning. *Resuscitation* 2002;52(3):247–54.

219. Szpilman D, Soares M. In-water resuscitation—is it worthwhile? *Resuscitation* 2004;63(1):25–31.

220. Watson RS, Cummings P, Quan L, Bratton S, Weiss NS. Cervical spine injuries among submersion victims. *J Trauma* 2001;51(4):658–62.

221. Hwang V, Shofer FS, Durbin DR, Baren JM. Prevalence of traumatic injuries in drowning and near drowning in children and adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003;157(1):50–3.

222. Çb lar A, Er A, Özden Ö, et al. Efficacy of Early Noninvasive Ventilation in Three Cases of Nonfatal Drowning with Pulmonary Oedema in the Paediatric Emergency Department. *Hong Kong J Emerg Med* 2016;23:42 – 6.

223. Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M, et al. Part 12: cardiac arrest in special situations: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122(18 Suppl 3):S829–61.

224. Kangas E, Niemelä H, Kojo N. Treatment of hypothermic circulatory arrest with thoracotomy and pleural lavage. *Ann Chir Gynaecol* 1994;83(3):258–60.

225. Walters DT. Closed thoracic cavity lavage for hypothermia with cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1991;20(4):439–40.

226. Plaisier BR. Thoracic lavage in accidental hypothermia with cardiac arrest—report of a case and review of the literature. *Resuscitation* 2005;66(1):99–104.

227. Farstad M, Andersen KS, Koller ME, Grong K, Segadal L, Husby P. Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation. A retrospective study. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;20(1):58–64.

228. Sheridan RL, Goldstein MA, Stoddard FJ, Jr., Walker TG. Case records of the Massachusetts General Hospital. Case 41–2009. A 16-year-old boy with hypothermia and frostbite. *N Engl J Med*

2009;361(27):2654–62.

229. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, Nilsen PA, Solbø JP. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 degrees C with circulatory arrest. *Lancet* 2000;355(9201):375–6.

230. Wang PL, Brooks SC. Mechanical versus manual chest compressions for cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;8:CD007260.

231. Vase H, Christensen S, Christiansen A, et al. The Impella CP device for acute mechanical circulatory support in refractory cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;112:70–4.

232. Truhlar A, Deakin CD, Soar J, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2015;95:148–201.

233. Pottle A, Bullock I, Thomas J, Scott L. Survival to discharge following open chest cardiac compression (OCCC). A 4-year retrospective audit in a cardiothoracic specialist centre—Royal Brompton and Harefield NHS Trust, United Kingdom. *Resuscitation* 2002;52(3):269–72.

234. Anthi A, Tzelepis GE, Alivizatos P, Michalis A, Palatianos GM, Geroulanos S. Unexpected cardiac arrest after cardiac surgery: incidence, predisposing causes, and outcome of open chest cardiopulmonary resuscitation. *Chest* 1998;113(1):15–9.

235. The Society of Thoracic Surgeons Task Force on Resuscitation After Cardiac Surgery. The Society of Thoracic Surgeons Expert Consensus for the Resuscitation of Patients Who Arrest After Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg* 2017;103(3):1005–20.

236. Feng WC, Bert AA, Browning RA, Singh AK. Open cardiac massage and periresuscitative cardiopulmonary bypass for cardiac arrest following cardiac surgery. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1995;36(4):319–21.

237. Ghez O, Feier H, Ughetto F, Fraisse A, Kreitmann B, Metras D. Postoperative extracorporeal life support in pediatric cardiac surgery: recent results. *ASAIO J* 2005;51(5):513–6.

238. Chan PS, Krumholz HM, Nichol G, Nallamothu BK. Delayed time to defibrillation after in-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2008;358(1):9–17.

239. Kang JY, Kim YJ, Shin YJ, Huh JW, Hong SB, Kim WY. Association Between Time to Defibrillation and Neurologic Outcome in Patients With In-Hospital Cardiac Arrest. *Am J Med Sci* 2019;358(2):143–8.
240. Patel KK, Spertus JA, Khariton Y, Tang Y, Curtis LH, Chan PS. Association Between Prompt Defibrillation and Epinephrine Treatment With Long-Term Survival After In-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2018;137(19):2041–51.
241. Andersen LW, Kim WY, Chase M, et al. The prevalence and significance of abnormal vital signs prior to in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;98:112–7.
242. Neumar RW, Eigel B, Callaway CW, et al. American Heart Association Response to the 2015 Institute of Medicine Report on Strategies to Improve Cardiac Arrest Survival. *Circulation* 2015;132(11):1049–70.
243. Adamski J, Nowakowski P, Goryński P, Onichimowski D, Weigl W. Incidence of in-hospital cardiac arrest in Poland. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2016;48(5):288–93.
244. Andersen LW, Holmberg MJ, Løfgren B, Kirkegaard H, Granfeldt A. Adult in-hospital cardiac arrest in Denmark. *Resuscitation* 2019;140:31–6.
245. Hessulf F, Karlsson T, Lundgren P, et al. Factors of importance to 30-day survival after in-hospital cardiac arrest in Sweden – A population-based register study of more than 18,000 cases. *Int J Cardiol* 2018;255:237–42.
246. Radeschi G, Mina A, Berta G, et al. Incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest in Italy: a multicentre observational study in the Piedmont Region. *Resuscitation* 2017;119:48–55.
247. Nolan JP, Soar J, Smith GB, et al. Incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest in the United Kingdom National Cardiac Arrest Audit. *Resuscitation* 2014;85(8):987–92.
248. Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, et al. Heart Disease and Stroke Statistics–2020 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(9):e139–e596.
249. Al-Dury N, Rawshani A, Israelsson J, et al. Characteristics and outcome among 14,933 adult cases of in-hospital cardiac arrest: A nationwide study with the emphasis on gender and age. *Am J*

Emerg Med 2017;35(12):1839–44.

250. Hirlekar G, Karlsson T, Aune S, et al. Survival and neurological outcome in the elderly after in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;118:101–6.

251. Adielsson A, Karlsson T, Aune S, et al. A 20-year perspective of in hospital cardiac arrest: Experiences from a university hospital with focus on wards with and without monitoring facilities. *Int J Cardiol* 2016;216:194–9.

252. Maharaj R, Raffaele I, Wendon J. Rapid response systems: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2015;19(1):254.

253. Winters BD, Weaver SJ, Pfoh ER, Yang T, Pham JC, Dy SM. Rapid-response systems as a patient safety strategy: a systematic review. *Ann Intern Med* 2013;158(5 Pt 2):417–25.

254. Park Y, Ahn JJ, Kang BJ, et al. Rapid Response Systems Reduce In-Hospital Cardiopulmonary Arrest: A Pilot Study and Motivation for a Nationwide Survey. *Korean J Crit Care Med* 2017;32(3):231–9.

255. Kwak HJ, Yun I, Kim SH, et al. The extended rapid response system: 1-year experience in a university hospital. *J Korean Med Sci* 2014;29(3):423–30.

256. Chen J, Ou L, Hillman K, et al. The impact of implementing a rapid response system: a comparison of cardiopulmonary arrests and mortality among four teaching hospitals in Australia. *Resuscitation* 2014;85(9):1275–81.

257. Müller M, Jürgens J, Redaelli M, Klingberg K, Hautz WE, Stock S. Impact of the communication and patient hand-off tool SBAR on patient safety: a systematic review. *BMJ Open* 2018;8(8):e022202.

258. Buljac-Samardzic M, Doekhie KD, van Wijngaarden JDH. Interventions to improve team effectiveness within health care: a systematic review of the past decade. *Hum Resour Health* 2020;18(1):2.

259. Marshall S, Harrison J, Flanagan B. The teaching of a structured tool improves the clarity and content of interprofessional clinical communication. *Qual Saf Health Care* 2009;18(2):137–40.

260. Centre for Clinical Practice at NICE (UK). NICE Clinical Guideline, No. 50. Acutely ill patients in hospital: recognition of and response to acute illness in adults in hospital. London, UK: National Institute for Health and Clinical Excellence, 2007. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45947/>)
261. McKinney A, Fitzsimons D, Blackwood B, McGaughey J. Patient and family–initiated escalation of care: a qualitative systematic review protocol. *Syst Rev* 2019;8(1):91.
262. Albutt AK, O'Hara JK, Conner MT, Fletcher SJ, Lawton RJ. Is there a role for patients and their relatives in escalating clinical deterioration in hospital? A systematic review. *Health Expect* 2017;20(5):818–25.
263. Brady PW, Zix J, Brilli R, et al. Developing and evaluating the success of a family activated medical emergency team: a quality improvement report. *BMJ Qual Saf* 2015;24(3):203–11.
264. Ornato JP, Peberdy MA, Reid RD, Feeser VR, Dhindsa HS. Impact of resuscitation system errors on survival from in–hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83(1):63–9.
265. Panesar SS, Ignatowicz AM, Donaldson LJ. Errors in the management of cardiac arrests: an observational study of patient safety incidents in England. *Resuscitation* 2014;85(12):1759–63.
266. Smith GB, Prytherch DR, Meredith P, Schmidt PE, Featherstone PI. The ability of the National Early Warning Score (NEWS) to discriminate patients at risk of early cardiac arrest, unanticipated intensive care unit admission, and death. *Resuscitation* 2013;84(4):465–70.
267. Subbe CP, Kruger M, Rutherford P, Gemmel L. Validation of a modified Early Warning Score in medical admissions. *QJM* 2001;94(10):521–6.
268. Greif R, Bhanji F, Bigham BL, et al. Education, Implementation, and Teams: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 1):S222–s83.
269. Subbe CP, Davies RG, Williams E, Rutherford P, Gemmell L. Effect of introducing the Modified Early Warning score on clinical outcomes, cardio–pulmonary arrests and intensive care utilisation in acute medical admissions. *Anaesthesia* 2003;58(8):797–802.

제 5장

소생후 치료

김영민¹, 정경운², 김원영³, 박유석⁴, 오주석¹, 유연호⁵, 이동훈⁶, 최민정⁷, 정유진², 김민철⁸, 하은진⁹,
황경진¹⁰, 김원석¹¹, 이재명¹², 정성필⁴, 차경철¹³, 박준동¹⁴, 김한석¹⁴, 이미진¹⁵, 나상훈¹⁶, 황성오¹³, 2020년
심폐소생술 가이드라인 소생후치료위원회

가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실¹, 전남대학교 의과대학 응급의학교실², 울산대학교 의과대학 응급
의학교실³, 연세대학교 의과대학 응급의학교실⁴, 충남대학교 의과대학 응급의학교실⁵, 중앙대학교 의과대
학 응급의학교실⁶, 아주대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 전남대학교 의과대학 내과학교실⁸, 서울대학교
의과대학 신경외과학교실⁹, 경희대학교 의과대학 신경과학교실¹⁰, 서울대학교 의과대학 재활의학교실¹¹,
고려대학교 의과대학 외과학교실¹², 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹³, 서울대학교 의과대학 소아
과학교실¹⁴, 경북대학교 의과대학 응급의학교실¹⁵, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁶

I.

2020년 소생후 치료 가이드라인 주요 변경 사항과 소생후 치료 순서

2020년 소생후 치료 가이드라인은 전문소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 소생후 치료 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다.¹ 임상적 중요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 이용하였다.

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐 구분되었다(표 2 참조).² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).²³ 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험보다 매우 큰 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만, 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III(harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 소생후 치료 가이드라인 주요 변경 사항

2020년 소생후 치료 가이드라인 중 2015년 가이드라인과 비교하여 변경된 내용은 다음과 같다.

1) 기도 확보 및 호흡 유지

- 심장정지 후 자발순환을 회복한 성인의 저산소혈증을 피하는 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD).
- 심장정지 후 자발순환을 회복한 성인의 동맥혈 산소포화도 혹은 동맥혈 산소분압을 정확하게 측정할 수 있을 때까지 100% 산소를 투여하는 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).
- 심장정지 후 자발순환을 회복한 성인의 고산소혈증을 피하기 위해 동맥혈 산소포화도를 94~98%로 유지할 수 있도록 흡입산소농도를 조절할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R).

- 심장정지 후 자발순환을 회복한 성인에게 정상 이산화탄소혈증을 목표로 하는 치료 전략보다 약간 높은 이산화탄소혈증을 목표로 하는 치료 전략을 권고하거나, 권고하지 않을 근거가 부족하다. 이에 성인 심장정지 환자의 자발순환회복 후 동맥혈 이산화탄소 분압을 정상 범위인 35-45mmHg로 유지할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

2) 급성 관상동맥증후군의 중재

- 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 성인에 대한 명백한 비심장성 원인이 확인되지 않았을 때 조기 관상동맥조영술을 시행하는 것보다 입원 상태에서 신경학적으로 회복된 후 관상동맥조영술을 시행하는 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-NR).
- 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없더라도 지속성 심실빈맥 혹은 심실세동을 보이는 전기적 불안정 상태인 경우나 심인성 쇼크의 경우, 조기에 관상동맥조영술을 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).

3) 체온 조절

- 소생후 구두 지시에 반응이 없는 성인 병원밖 심장정지 환자에게 초기 심전도 리듬과 무관하게 목표체온유지치료를 시행할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-R).
- 충격불필요리듬인 병원내 심장정지 성인 환자가 소생후 구두 지시에 반응이 없는 경우 목표체온유지치료를 시행할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-R).
- 충격필요리듬인 병원내 심장정지 성인 환자가 소생후 구두 지시에 반응이 없는 경우, 초기 리듬과 무관하게 목표체온유지치료를 시행할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).

- 자발순환회복 후 반응이 없는 성인 환자에게 중심체온 32~36℃ 사이의 목표 온도를 권고하고(권고 등급 I, 근거수준 B-R), 최소 24시간 일정하게 유지할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거수준 B-NR).
- 병원 밖에서 심장정지 동안이나 자발순환회복 직후에 많은 양의 차가운 수액을 정맥 내로 급속 주입하여 저체온을 유도하지 않을 것을 권고한다(권고 등급 III, 근거수준 A).
- 목표체온유지치료 후에도 지속적으로 혼수상태인 환자의 발열을 적극적으로 예방하고 정상 체온을 유지할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

4) 발작 조절

- 심장정지 후 혼수상태인 성인에게 발작을 치료하는 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD).
- 뇌전증 환자에게 일반적으로 사용하는 항경련제를 심장정지 후 발작 환자에게도 사용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).
- 심장정지 후 혼수상태인 성인에게 발작 예방을 목적으로 한 치료를 하지 않을 것을 제안한다(권고 등급 III, 근거 수준 B-NR).

5) 예방적 항생제 사용

- 자발순환회복 환자에게 예방적 항생제 사용을 권장하지 않는다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-R).

6) 신경학적 예후 예측

- 심장정지 후 혼수 환자의 예후 예측은 한 가지 검사 결과만으로 판단하지 말고, 신경학적 검사, 생체표지자 검사, 몸 감각 유발전위검사, 뇌파검사, 영상검사 및 근간대경련 지속 여부 등 여러 가지 검사들의 결과에 근거하여 다각적으로 접근(multimodal approach)해야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수 환자의 예후 예측은 약물 효과나 심장정지 회복기의 오류를 최소화하기 위해 적절한 시간이 지난 후에 시행하여야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수 환자의 예후 예측을 위한 각각의 검사는 그 시행 시간에 맞추어 검사를 진행하더라도 이들의 결과를 종합하여 예후를 판단하는 것은 정상 체온 회복 후 최소 72시간 이후(자발순환회복 후 5일)에 다각적인 접근 방식으로 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수 환자의 자발순환회복 72시간 이후에 나쁜 신경학적 예후를 예측하기 위해 양측 동공반사 소실과 각막반사 소실을 종합하여 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).
- 심장정지 후 혼수 환자의 자발순환회복 후 72시간 이후에 나쁜 신경학적 예후를 예측하기 위해 정량적 동공측정법(quantitative pupillometry)의 두 가지 변수인 정량적 동공반사 측정(quantitative pupillary light reflex)과 신경학적 동공반사 지수(neurological pupil index)를 모두 사용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).
- 심장정지 후 혼수상태인 환자의 신경학적 결과를 예측하기 위해 자발순환회복 후 72시간 이내에

다른 검사와 함께 근간대경련과 근간대경련 지속상태를 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, B-NR). 또한, 관련된 뇌전증양 활동(epileptiform discharges)을 찾기 위해 근간대경련이 있으면 뇌파 기록을 할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

- 심장정지 후 혼수상태인 환자의 신경학적 결과를 예측하기 위해 24시간 이후에 몸 감각 유발전위의 양측 N20 소실 소견을 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수상태가 지속되는 환자에게 뇌파에서 나타나는 발작은 다른 검사들과 함께 나쁜 예후 예측 요소로서 고려될 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).
- 심장정지 후 72시간에 진정제 투여가 중단된 상태에서 혼수상태인 환자에게 나타나는 돌발 억제(burst suppression)를 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수상태인 환자에게 나타나는 뇌전증양 활동을 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용하는 것을 권장하지 않는다(권고 등급 III, 근거수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수상태인 환자에게 나타나는 무반응성 뇌파를 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용하는 것을 권장하지 않는다(권고 등급 III, 근거수준 B-NR).
- 진폭통합 뇌파 감시에서 36시간 이내에 정상 파형이 발견되지 않음을 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).
- 자발순환회복 후 24시간 이내 촬영한 뇌 전산화단층촬영 상 현저히 감소한 회백질/백질 밀도 비(gray/white matter ratio: GWR)나 자발순환회복 후 2~7일에 촬영한 뇌 자기공명영상에서 광범위한 확산 제한 및 apparent diffusion coefficient(ADC) 감소를 나쁜 예후를 예측하는 도구 중의 하나로 사용하도록 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).

- 심장정지 후 목표체온유지치료를 받은 혼수 환자의 경우, 나쁜 예후를 예측하기 위해 다른 예후 인자와 결합하여 순환회복 후 24~72시간에 혈청에서 측정된 신경특이에놀라제(neuron specific enolase: NSE)의 고농도 값을 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).
- 심장정지 후 혼수상태인 성인에 대한 나쁜 신경학적 결과를 예측하기 위해 S-100B 단백질, 혈청 glial fibrillary acidic protein (GFAP), 혈청 타우 단백질 또는 혈청 neurofilament protein (NFL)을 사용하지 않도록 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

7) 소생후 연명 치료 중단

- 심장정지로부터 소생된 후 목표체온유지치료를 받는 성인에게 신경학적 예후가 나쁠 것으로 예측된다는 이유로 생명유지치료를 72시간 이내에 중단하지 않도록 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

8) 소생후 장기 기증

- 심폐소생술 후 자발순환이 회복된 뇌사 환자나 자발순환회복에 실패한 심장정지 환자로부터의 장기 기증을 적극적으로 고려할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD).

9) 심장정지 회복 후 재활 및 돌봄

- 심장정지 생존자에게 장기적 예후의 개선을 기대하기 위해 심장정지 후 불안, 우울, 외상 후 스트레스, 피로감에 대한 구조화된 선별 평가를 시행할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거수준 B-NR).
- 심장정지에 따른 다양한 장애를 조기에 평가하고 적절한 재활 중재를 통해 기능 회복 및 사회 복

귀를 증진하기 위해 심장정지 후 생존자에 대해 퇴원 전 신체, 신경학적, 심폐, 인지 장애에 관한 다양한 재활의학적 평가를 시행하고 이에 따른 치료 계획을 수립할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거수준 C-LD).

- 심장정지 생존자들에게 발생하는 다양한 의학적 문제 및 장애로 인해 사회 및 직장으로 복귀하는데 어려움이 있으며, 환자와 보호자는 환자의 상태에 대한 적절한 정보 제공을 요구하게 되므로 심장정지 생존자에 대해 의학적, 재활의학적 치료 계획을 포함한 포괄적이고 다학제적인 퇴원 계획을 수립할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거수준 C-LD).

10) 심장정지 치료센터

- 비외상성 병원밖 심장정지 성인 환자는 24시간 관상동맥조영술과 목표체온유지치료가 가능한 병원에서 치료받을 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).
- 병원밖 심장정지 환자가 관상동맥조영술이 불가능한 비 심장정지 치료센터로 내원한 경우 관상동맥조영술이 가능한 병원으로 이송하는 것이 효과적일 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 B-NR).

3. 소생후 치료 과정

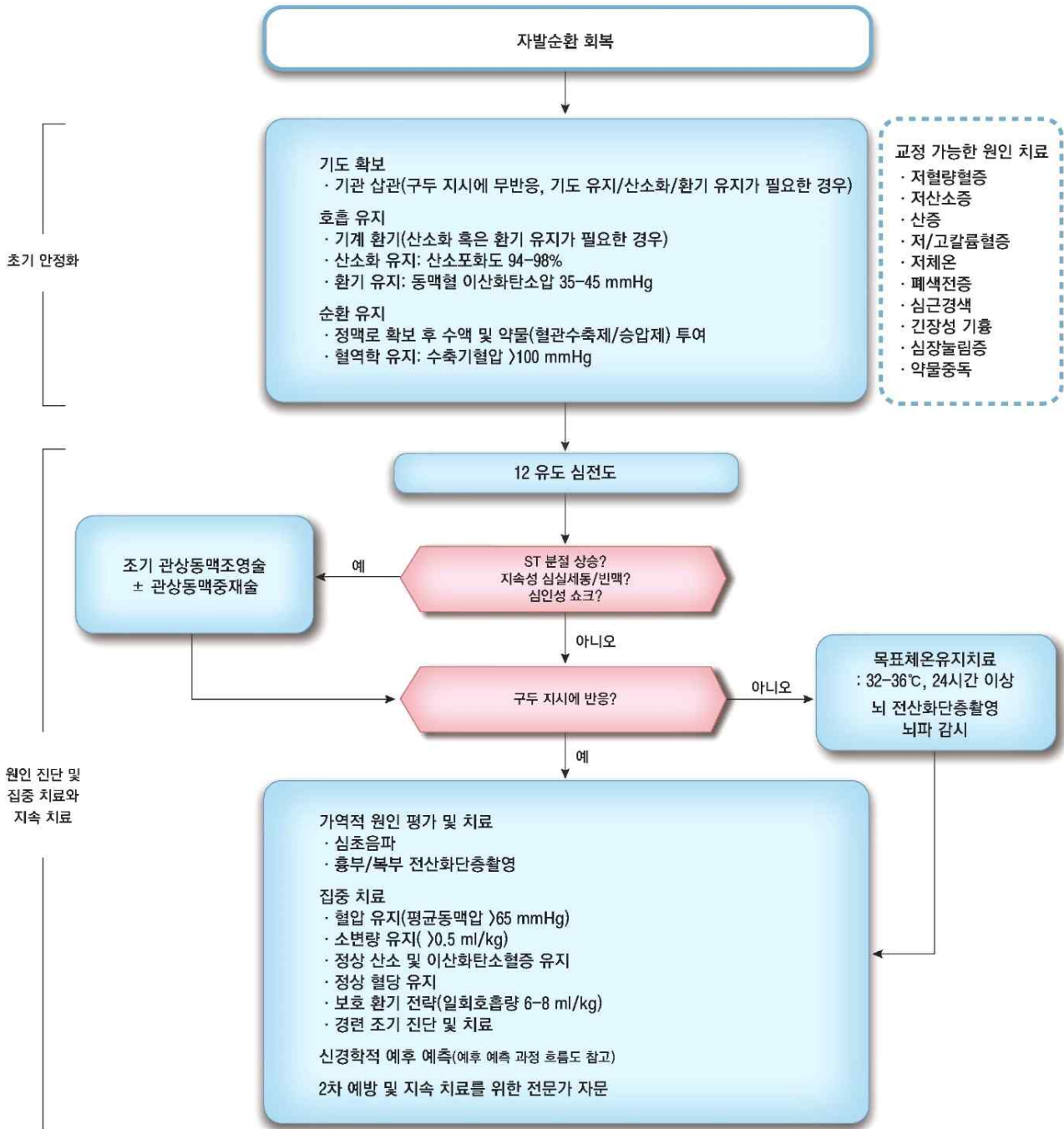


그림 32. 소생후 치료 과정 흐름도

4. 신경학적 예후 예측 과정

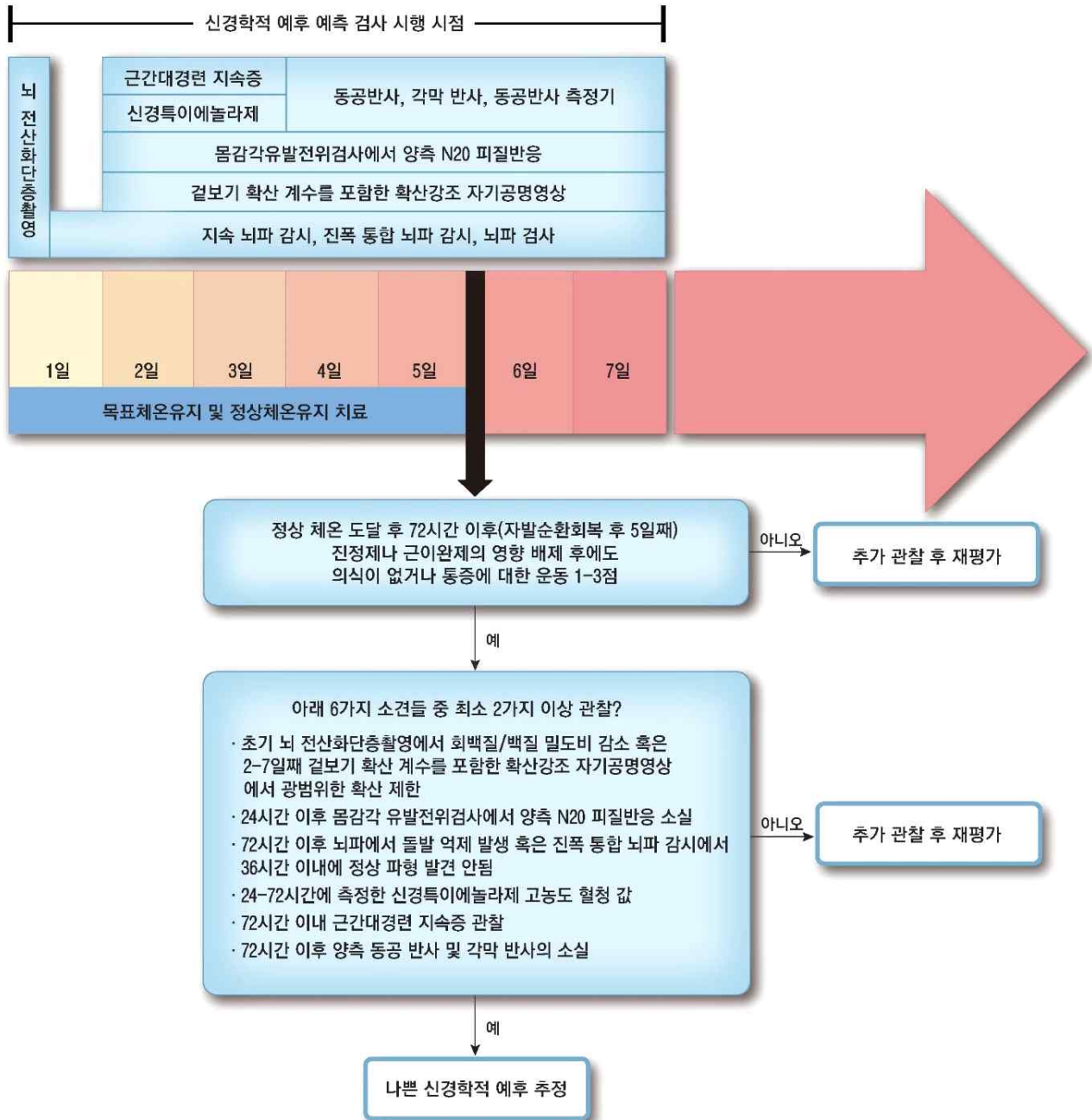


그림 33. 신경학적 예후 예측 과정 흐름도

II.

소생후 치료



2020년 심폐소생술 가이드라인에서 소생후 치료는 생존자들의 핵심적 요소로 강조되고 있다. 지난 5년 동안 추가된 과학적 근거에 대한 체계적 문헌고찰과 전문가 합의 과정을 통해 각 세부 영역의 권고 내용이 부분적으로 개정되거나 새롭게 추가되었고 이를 반영하여 소생후 치료 과정과 신경학적 예후 평가 과정 흐름도가 개정되었다.

1. 심장정지 후(소생후) 증후군

원인과 관계없이 소생술 후 자발순환이 회복된 심장정지 환자의 심장정지 기간과 자발순환회복 직후부터 진행되는 전신 허혈 및 재관류로 인한 복잡한 병태생리적 변화가 진행되면서 여러 장기가 손상될 수 있는데, 이를 심장정지 후 증후군(post-cardiac arrest syndrome)이라 한다.⁴ 심장정지 후 증후군은 크게 심장정지 후 뇌 손상, 심장정지 후 심근 기능부전, 전신 허혈/재관류 반응, 그리고 촉발 원인질환으로 구성된다. 심장정지 후 증후군의 중증도는 심장정지 원인과 기간에 따라 다양하고 동반되는 뇌 손상, 심근 기능부전, 전신 허혈/재관류 반응의 정도에 따라 다양한 임상 경과를 보일 수 있으므로, 개별 환자에 맞추어진 적절한 집중 치료가 요구된다. 심장정지 후 뇌 손상은 혼수, 발작, 다양한 수준의 신경인지 장애, 뇌사 등의 형태로 나타날 수 있는데, 뇌 미세순환 장애, 뇌 자동조절능 손상, 저혈압, 저탄산혈증, 저산소혈증, 고열, 저혈당, 고혈당, 발작 등에 의해 악화할 수 있다.⁴ 심장정지 후 심근 기능부전은 심장정지 후 흔히 발생하지만, 대개는 2~3일 이내에 회복된다.⁵⁻⁷ 전신 허혈/재관류 반응은 면역과 응고 기전에 영향을 미쳐 다발성 장기부전을 초래하고, 감염의 위험을 증가시킨다.⁸⁻¹² 또한, 심장정지 후 증후군은 혈관 내 용적 감소, 혈관 확장, 혈관내피 손상, 전신

미세순환 장애 등 폐혈증과 유사한 임상 양상을 보인다.¹³⁻¹⁸

2. 소생후 통합치료의 목표

소생후 통합치료에는 자발순환회복 후 기도 확보, 호흡 유지, 순환 유지를 포함하는 초기 안정화 조치와 심장정지 유발 원인에 대한 진단 및 치료, 추가적인 뇌 손상을 완화하기 위한 집중 치료, 신경학적 예후 예측, 생존자를 위한 지속적인 재활 치료가 포함된다. 따라서 소생후 통합치료는 체계화된 프로토콜을 사용한 다학제 간 협력이 필요하다. 소생후 통합치료의 단계별 목표는 다음과 같다.¹⁹

- 자발순환회복 후 심폐기능과 주요 장기 관류의 최적화
- 소생후 통합치료가 가능한 적절한 병원이나 중환자실로 환자 이송
- 심장정지 유발 원인의 확인과 치료, 재발 방지
- 신경학적 회복을 위한 체온 조절
- 급성 관상동맥증후군의 확인과 중재
- 폐 손상을 최소화하기 위한 적정 기계 환기
- 다발성 장기 부전의 예측, 치료 및 예방
- 신경학적 예후에 대한 객관적 평가
- 심장정지 생존자에 대한 구조화된 선별 평가와 장기 재활 치료

3. 소생후 통합치료 전략

소생후 치료 과정 흐름도에는 초기 안정화 단계에서 고려해야 할 치료 전략과 목표가 제시되었고, 이어 심장정지 원인에 대한 진단과 가역적 원인에 대한 치료, 추가적인 뇌 손상을 줄이기 위한 집중 치료 전략이 포함되었다. 또한, 일정 시간 경과 후에도 의식이 회복되지 않는 환자를 대상으로 한 신경학적 예후 예측과 심장정지 생존자에 대한 2차 예방 및 재활 등의 지속 치료에 대한 계획이 새롭게 포함되었다(그림 32).

4. 기도 확보 및 호흡 유지

자발순환회복 후 의식이 없는 경우, 심폐소생술 동안 기관내삽관이 시행되지 않았다면 신속하게 기관내삽관을 한다. 병원 전 단계에서 산소포화도를 감시하며 낮은 산소포화도 목표와 높은 산소포화도 목표를 비교한 무작위대조시험들이 있으나, 산소포화도나 동맥혈 산소분압을 확인하기 전 산소 투여 농도를 비교한 연구는 없었다.²⁰⁻²² 저산소혈증을 피하는 것이 예후와 연관이 있는지에 대한 무작위대조시험은 없다. 하지만, 성인 대상 관찰 연구에서 저산소혈증은 나쁜 예후와 관련이 있었으며, 이론적으로도 저산소혈증은 조직에 저산소혈증을 일으켜 손상을 초래할 가능성이 크다.²³ 따라서 자발순환을 회복한 성인에게 저산소혈증은 피하도록 권고한다. 또한, 저산소혈증으로 인한 추가 손상을 막기 위해 자발순환회복 후 산소포화도 혹은 동맥혈 산소분압을 정확하게 측정할 수 있을 때까지 100% 산소를 투여할 것을 제안한다.

심장정지 환자를 대상으로 병원 전 단계에서 낮은 농도의 산소 치료와 높은 농도의 산소 치료를 비교한 무작위대조시험들이 있었다.^{20-22,24} 89명의 환자를 포함하는 두 개의 낮은 근거수준의 무작위대조시험에서 100% 산소를 공급하는 것에 비해 낮은 농도의 산소 치료가 생존퇴원에 있어 이득이 없었던 반면, 35명의 환자를 포함하는 매우 낮은 근거수준의 군집 무작위대조시험에서는

100%보다 낮은 산소농도의 제공이 생존퇴원에 있어 이득이 있었다.²⁰⁻²² 양호한 신경학적 생존퇴원을 치료 결과로 평가한 심장정지 환자 대상의 무작위대조시험에서 병원 전 단계 낮은 농도의 산소 치료와 높은 농도의 산소 치료를 비교한 결과, 낮은 농도의 산소 제공의 이득이 없었다.^{17,21} 중환자실 입실 후 정상산소 혈증 목표 치료와 고산소 혈증 목표 치료를 비교한 중등도 근거수준의 무작위대조시험과 매우 낮은 근거수준의 무작위대조시험에서 정상산소 혈증 목표 치료가 이득이 없었다. 반면, 낮은 근거수준의 일개 무작위대조시험 중 164명을 포함하는 하위집단 분석에서는 고산소혈증을 지양하는 치료가 90일 생존과 좋은 신경학적 회복에 대해 이득을 보였다.²⁴⁻²⁶ 관찰 연구의 경우 4개의 연구에서는 고산소혈증 목표 치료가 낮은 생존율 또는 나쁜 신경학적 결과와 관계가 있었지만, 6개의 연구에서는 관련성이 증명되지 않았다.^{23,27-35} 이처럼 자발순환회복 후 적절한 산소 투여에 관해 연구마다 다른 결과를 보이며, 고산소혈증을 피하는 것이 이득이 있다는 결과가 있지만 고산소혈증을 목표로 하는 치료가 더 좋다는 근거는 없다. 이에 심장정지 후 자발순환을 회복한 성인의 고산소혈증을 피하기 위해 동맥혈 산소포화도를 확인할 수 있는 상황이 되는데로 동맥혈 산소포화도를 94%~98%로 유지할 수 있도록 흡입산소농도를 조절할 것을 제안한다.

고이산화탄소혈증은 뇌 혈류와 뇌압을 증가시키는 반면, 저이산화탄소혈증은 뇌 혈류와 뇌압을 감소시킨다. 자발순환회복 후 약간 높은 이산화탄소혈증을 목표로 하는 치료(44~46mmHg)와 약간 낮은 이산화탄소혈증(33~35mmHg)을 목표로 하는 치료를 비교한 낮은 근거수준의 무작위대조시험과 높은 이산화탄소혈증(50~55mmHg)을 목표로 하는 치료와 정상 이산화탄소혈증(35~45mmHg)을 목표로 하는 치료를 비교한 낮은 근거수준의 무작위대조시험에서 높은 이산화탄소혈증을 목표로 하는 치료가 정상 혹은 약간 낮은 이산화탄소혈증을 목표로 하는 치료에 비해 이득이 없었다.^{26,36} 관찰 연구의 경우 두 개의 연구에서는 고이산화탄소혈증이 좋은 결과와 관련이 있었지만, 두 개의 연구에서는 나쁜 결과와 관련이 있었으며, 두 개의 연구에서는 치료 결과와 관련이 없었다.^{23,27,30,37-39} 저이산화탄소혈증도 유사한 결과를 보였지만, 이득과 관련이 있었던 연구는 없었다. 이에 성인 심장정지

환자의 자발순환회복 후 동맥혈 이산화탄소 분압을 정상 범위인 35~45mmHg로 유지할 것을 제안한다. 현재로서는 자발순환회복 후 정상보다 높은 이산화탄소혈증을 목표로 하는 치료를 권장하거나 권장하지 않기 위한 근거가 부족하다.

5. 순환 유지

1) 혈액학적 안정화

자발순환회복 직후 심전도 감시와 함께 신속히 동맥 카테터를 삽입하여 동맥압을 지속적으로 감시한다. 만약 동맥 카테터를 삽입할 수 없는 경우에는 혈액학적으로 안정될 때까지 비침습적 방법으로 혈압을 자주 측정해야 한다.

269명의 심장정지 환자를 평균 동맥압 70~90mmHg인 군과 >90mmHg 군으로 나누어 분석한 관찰 연구에서 평균 동맥압 >90mmHg가 양호한 신경학적 결과와 관련이 있었다.⁴⁰ 65mmHg보다 높은 평균 동맥압을 목표로 하는 치료의 효과를 알아보기 위한 두 개의 무작위대조시험이 보고되었다.⁴¹⁻⁴⁴ 112명의 환자에 대한 평균 동맥압 85-100mmHg를 목표로 하는 목표지향치료와 평균 동맥압 65mmHg를 목표로 하는 치료를 비교한 무작위대조시험에서, 근적외선 분광검사로 측정한 뇌 산소포화도는 평균 동맥압 목표 85~100mmHg 군에서 높았지만, 신경학적 결과는 차이가 없었다.⁴¹ 123명의 심장정지 환자에 대한 평균 동맥압 80~100mmHg를 목표로 하는 치료와 65-75mmHg를 목표로 하는 치료를 비교한 무작위대조시험에서 48시간째 신경특이예놀라아제나 신경학적 결과에 차이가 없었다.⁴² 하지만, 두 개의 무작위대조시험 모두 생존이나 신경학적 결과에 대한 효과를 판단하기에는 표본 크기가 부족하므로, 현재로서는 65mmHg보다 높은 평균 동맥압을 목표로 하는 치료의 효과를 판단하기 어렵다.

저혈압은 뇌를 포함한 장기로의 관류를 저하시켜 조직으로의 산소전달을 저해할 수 있다. 다수의 관찰

연구에서 자발순환회복 후 저혈압(수축기 혈압 90mmHg, 평균 동맥압 65mmHg 미만으로 정의)은 사망 및 불량한 신경학적 결과와 관련이 있었지만, 특정 혈압 기준을 제시하기에 충분한 연구결과는 없었다.⁴³⁻⁴⁹ 혈액학적 기준은 개별 환자에 맞추어 고려되어야 하는데, 심폐소생술 후 상태와 동반된 기저질환에 영향을 받을 수 있다. 이에 자발순환회복 후 저혈압(수축기 혈압 90mmHg 이하 또는 평균 동맥압 65mmHg 이하)은 신속하게 교정하고 수축기 혈압을 100mmHg 이상 유지할 것을 제안한다.

6. 심장정지 원인 조사 및 치료

1) 급성 관상동맥증후군의 중재

급성 관상동맥증후군은 심인성 심장정지의 가장 흔한 원인이다.⁵⁰⁻⁵² 자발순환회복 즉시 12류도 심전도 검사와 심장 표지자 검사를 해서 급성 관상동맥증후군 여부를 확인해야 한다. 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 있는 모든 환자에게는 의식 상태와 상관없이 응급 관상동맥조영술을 시행할 것을 권고한다.⁵³

심인성 심장정지이면서 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 환자 중 급성 관상동맥증후군이 의심되는 552명의 환자를 대상으로 진행되었던 대규모의 무작위대조시험 결과에서 응급으로 2시간 이내에 관상동맥조영술을 시행하는 전략과 신경학적 회복 후 관상동맥조영술을 시행하는 전략을 비교한 결과, 90일 사망률과 신경학적 예후의 차이는 없었다.⁵⁴ 11개의 연구들(4개의 무작위대조시험 포함)을 메타 분석한 결과에서도 조기에 관상동맥조영술을 시행한 전략과 안정 후 관상동맥조영술을 시행한 전략 간에 30일 사망률, 신경학적 예후 및 관상동맥중재술을 시행한 비율은 차이가 없음이 확인되었다.⁵⁵ 상기 연구결과들을 반영하여 미국심장협회 심폐소생술 가이드라인 및 2020 유럽심장학회 비 ST 분절 상승 급성 관상동맥증후군 가이드라인(권고 등급 I, 근거 수준

A)에서도 ST 분절 상승이 없는 경우에 과거와 달리 조기 관상동맥조영술을 권장하지 않았다.^{56,57}

2015년부터 2020년 8월까지 총 11편의 논문(무작위 배정 연구 3편 포함)을 메타 분석한 결과에서도 심인성 심장정지이면서 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 환자 중 급성 관상동맥증후군이 의심되는 경우 내원 즉시 관상동맥조영술을 시행한 경우와 신경학적 안정 이후 관상동맥조영술을 시행한 경우의 단기간 사망률을 비교한 결과, 양군 간에 30일 사망률의 차이는 없었다.^{51,58-60} 무작위비교시험과 관찰 연구에 대하여 각각 하위 그룹 분석을 한 결과에서도 양 군 사이에 사망률 차이는 없었다. 내원 즉시 관상동맥조영술을 시행한 경우와 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우의 단기간 사망률에 대해 비교한 4개 관찰 연구에서 내원 즉시 관상동맥조영술을 시행했던 경우가 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우에 비해 30일 사망률이 낮았다.^{51,60-62} 신경학적 안정 이후 관상동맥조영술을 시행한 경우와 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우의 단기간 사망률을 비교한 2개 관찰 연구에서 신경학적 안정 이후 관상동맥조영술을 시행했던 경우가 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우에 비해 30일 사망률이 낮았다.^{51,60}

내원 즉시 관상동맥조영술을 시행한 경우와 신경학적 안정 이후 관상동맥조영술을 시행한 경우의 단기간 신경학적 예후를 비교한 3개의 관찰 연구에서 양 군 사이에 단기간 신경학적 예후의 차이는 없었다.^{51,59,60} 내원 즉시 관상동맥조영술을 시행한 경우와 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우의 단기간 신경학적 예후를 비교한 3개의 관찰 연구에서 내원 즉시 관상동맥조영술을 시행했던 경우가 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우에 비해 단기간 신경학적 예후가 양호하였다.^{51,60,61} 신경학적 안정 이후 관상동맥조영술을 시행한 경우와 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우의 단기간 신경학적 예후를 비교한 2개의 관찰 연구에서 신경학적 안정 이후 관상동맥조영술을 시행했던 경우가 관상동맥조영술을 시행하지 않은 경우에 비해 단기간 신경학적 예후가 양호하였다.^{51,60}

따라서 심인성 심장정지이면서 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 환자 중 급성

관상동맥증후군이 의심되는 모든 경우 의식 상태와 상관없이 조기에 관상동맥조영술 시행을 권고했던 2015년 가이드라인과 달리, 2020년 가이드라인에서는 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없는 성인에 대한 명백한 비심장성 원인이 확인되지 않았을 때 즉시 관상동맥조영술을 하는 것보다는 신경학적으로 회복된 후 입원 중 관상동맥조영술을 시행하는 것을 제안하며, 통상적으로 빠른 시간 내에 관상동맥조영술을 시행하는 것은 권장하지 않는다. 더욱이 서양과 달리 국내에는 관상동맥연축으로 인한 돌연 심장사가 많다는 현실을 감안하면 자발순환회복 후 ST 분절이 없는 환자에게 심인성 쇼크, 지속성 심실 빈맥 혹은 심실세동, 허혈성 흉통이 지속되는 경우를 포함한 응급관상동맥조영술의 적응증이 없을 때 조기 관상동맥조영술을 통상적으로 시행하지 않을 것을 제안한다.⁶³

하지만 자발순환회복 후 심전도에서 ST 분절 상승이 없더라도 지속성 심실빈맥 혹은 심실세동을 보이는 전기적 불안정 상태였으면 85%의 환자에게 심한 관상동맥 협착 소견이 확인되었기 때문에 조기에 관상동맥조영술을 시행해야 하며, 심인성 쇼크가 동반되어도 다혈관 관상동맥질환 및 좌주간지 관상동맥 병변의 가능성이 크므로 조기에 관상동맥조영술을 하도록 제안한다.^{52,64,65}

2) 폐색전증의 치료

폐색전증으로 인한 심장정지의 치료에 대한 무작위대조시험은 없었다. 폐색전증이 의심되는 환자에 대한 섬유소용해 치료의 효과를 평가한 관찰 연구들에서 상당한 비뚤림이 발견되었으며 다양한 치료 결과를 보였다.⁶⁶⁻⁷⁰ 폐색전증에 의한 심장정지로 심폐소생술 또는 수술적 혈전제거술을 시행 받은 21명의 환자가 포함된 2개의 증례 보고 연구에서 30일 생존율은 각각 12.5%와 71.4%이었다.^{71,72} 폐색전증에 의한 심장정지 환자의 증례 보고 연구에서 경피적 혈전제거술로 치료받은 7명의 환자 중 6명이 자발순환회복(86%) 되었다고 보고하였다.⁷³ 한 개의 임상시험과 몇몇 관찰 연구들에서

혈전용해술과 심폐소생술을 시행 받은 환자에게 나타나는 주요 출혈의 위험성은 상대적으로 낮게 나타났다.^{66,68,69}

폐색전증으로 인한 심장정지에서 혈전 제거를 통한 재관류가 환자의 예후에 도움이 된다는 확실한 근거는 없다. 하지만 심장정지로 인한 사망의 위험이 혈전용해술이나 기계적, 외과적 혈전제거술에 의한 출혈의 위험성보다 더 크다. 따라서 폐색전증에 의한 심장정지의 치료로서 혈전용해제, 수술적 혈전 제거, 기계적 혈전 제거를 고려할 수 있다. 각 술기에 대한 명확한 이점은 없으므로 치료 방법의 선택은 심장정지로부터 경과 시간과 치료 가능한 전문가의 유무에 따라 결정할 수 있다.

폐색전증이 의심되지만 확실하지 않은 심장정지 환자에 대한 혈전용해제 치료의 효과는 명확하지 않다. 폐색전증이 잘못 진단된 경우 환자는 아무런 이득 없이 출혈의 위험성만 높아지게 된다. 그러나 최근 한 연구에 의하면 혈전용해제 치료를 받은 심장정지 환자의 주요 출혈의 위험은 크지 않았다.⁶⁸ 심장정지가 발생한 상황에서 폐색전증을 진단하기는 어렵다. 따라서 만약 자발순환회복이 이루어지지 않은 상태에서 폐색전증이 강하게 의심되면 혈전용해제를 고려할 수 있다.

7. 신경학적 회복을 위한 치료

1) 체온 조절

(1) 고체온 예방 및 치료

목표체온유지치료를 받지 않은 환자의 자발순환회복 후 발열이 불량한 예후와 연관이 있다는 관찰 연구들이 보고되었다.⁷⁴⁻⁷⁷ 목표체온유지치료 후에도 상당수 환자에게 고체온이 발생하지만, 예후와의 연관성은 모든 연구에서 일치하지 않는다.⁷⁸⁻⁸³ 그러나 뇌출혈, 뇌경색 등 다른 원인에 의한 혼수 환자의 고체온이 불량한 예후와 연관이 있음이 알려져 있고 고체온을 예방하거나 치료하는 방법은 비교적 임상

적용이 쉽다.^{84,85} 따라서, 심장정지 발생 후 자발순환이 회복된 성인 혼수 환자에게 목표체온유지치료 여부에 상관없이 지속적으로 열을 예방하거나 치료할 것을 제안한다.

(2) 목표체온유지치료

① 적응증 및 목표 온도

무작위대조시험들에서 충격필요리듬을 동반한 병원밖 심장정지 성인 환자는 32~34℃의 목표체온유지치료를 한 경우가 체온 조절을 하지 않는 경우에 비해 신경학적 예후가 향상되는 것으로 보고되었으므로, 목표체온유지치료의 대표적인 적응증이다.^{86,87}

충격불필요리듬을 동반한 병원밖 심장정지 성인 환자에게 32~34℃의 목표체온유지치료 시행 결과와 정상 체온 치료를 비교한 소규모의 무작위대조시험들이 있었지만, 표본 크기가 너무 적고 임상적 예후가 일차 종료점이 아니어서 의미 있는 결과를 도출하는 데에 어려움이 있었다.⁸⁸⁻⁹⁰ 이에 2015년 가이드라인을 위한 근거고찰 과정에서 국제소생술 교류위원회는 병원밖 심장정지 성인 환자를 대상으로 한 대규모 전향적 레지스트리 자료를 분석한 코호트 연구들에 대한 메타분석 결과를 바탕으로 권고를 결정하였다. 3개의 코호트 연구가 포함된 사망률에 대한 메타분석에서 32~34℃의 목표체온유지치료가 퇴원 6개월 사망률의 감소와는 연관이 없었지만 2개 코호트 연구가 포함된 메타분석에서는 32~34℃의 목표체온유지치료가 신경학적 결과를 개선하는 것으로 분석되었다. 비록 근거수준은 매우 낮았지만, 이 분석 결과를 바탕으로 2015년 가이드라인에서는 충격불필요리듬에 의한 병원밖 심장정지 환자도 목표체온유지치료의 적응증으로 권고되었다.⁹¹⁻⁹⁴ 2019년 584명의 병원밖 및 병원내 심장정지 성인 환자들을 대상으로 33℃의 목표체온유지치료와 37℃의 정상체온유지치료를 비교한 대규모 중간 근거수준의 무작위대조시험(HYPERION Trial)에서 33℃ 군이 37℃ 군과 비교해 90일째 통계학적으로 의미 있게 좋은 신경학적 예후와 연관이 있는 것으로 보고되었다.⁹⁵ 2020년 가이드라인을 위한

근거고찰 과정에서 HYPERION Trial 결과와 매우 낮은 근거 수준의 2개의 소규모 무작위대조시험의 결과를 메타 분석한 결과, 목표체온유지치료가 정상체온치료와 비교해 90일 혹은 180일째 사망률을 감소시키지 못했다. 하지만 90일 혹은 180일째 신경학적 결과가 포함된 2개 연구에 대한 메타분석에서는 32℃ 혹은 33℃ 목표체온유지치료가 정상체온치료와 비교해 90일 혹은 180일째 나쁜 신경학적 결과 발생률을 줄이는 것으로 분석되었다. 하지만 전체적인 근거수준은 매우 낮고 메타분석에 포함된 전체 표본 크기가 여전히 부족해 임상적으로 의미 있는 결론을 내리기는 여전히 어려운 상황이다.

한편 병원내 심장정지 환자만을 대상으로 목표체온유지치료를 시행한 군과 체온 조절을 하지 않은 군을 비교하는 무작위대조시험은 아직 없다. 1,836명의 환자가 포함된 매우 낮은 근거수준의 일개 후향적 코호트 연구에서 32~34℃의 목표체온유지치료가 적극적인 체온 조절을 하지 않은 경우와 비교해 생존 및 좋은 신경학적 예후와 연관이 없었고, 26,183명의 병원내 심장정지 레지스트리 자료를 성향점수를 이용해 분석한 대규모 후향적 코호트 연구에서는 32~34℃의 목표체온유지치료가 생존퇴원이나 퇴원시 좋은 신경학적 예후와 연관이 없었다.^{96,97} 하지만 이 연구들에 포함된 환자들에 대한 목표체온유지치료 시행률이 매우 낮고, 결측 자료가 많아 비뚤림 위험이 커 분석 결과를 임상적으로 의미 있게 받아들이기 어려워 무작위대조시험이 필요하다.

목격되지 않은 무수축을 제외한 모든 리듬의 심인성 병원밖 심장정지 환자 939명이 포함된 중간 근거수준의 무작위대조시험에서 33℃와 36℃의 목표체온유지치료 사이에 6개월 사망, 나쁜 신경학적 예후 및 부작용에서 차이가 없었던 것으로 나타나 초경도 저체온(36℃)이 또 다른 목표 온도로 대두되게 되었다.⁹⁸ 한편 2018년 보고된 32℃, 33℃, 34℃의 목표체온유지치료를 비교한 예비 무작위대조시험에서는 세 개 군 사이에 90일째 신경학적 예후는 차이가 없었다.⁹⁹

2020년 가이드라인에서는 목표체온유지치료에 대한 이와 같은 과학적 근거와 함께 소생후 치료를 시행 받는 국내 성인 환자들의 초기 심장정지 리듬이 무맥성 전기활동이나 무수축(제세동이 필요 없는

리듬)이 상대적으로 많은 점을 고려하여 목표체온유지치료를 충격불필요리듬을 동반한 심장정지 성인 환자에게도 권고한다. 즉, 초기 리듬에 상관없이 자발순환이 회복된 심장정지 환자 중 구두지시에 의미 있는 반응을 보이지 않는 환자에게 32~36℃ 사이의 목표 체온을 일정하게 유지하는 목표체온유지치료를 시행할 것을 권고한다. 하지만 특정 심장정지 환자군에 대해 경도(32~34℃) 또는 초경도(36℃) 목표체온유지치료가 더 도움이 되는지, 그리고 경도 목표체온유지치료가 정상 체온유지치료와 효과의 차이가 있는지에 대해서는 추가 연구가 필요하다.

② 목표체온유지치료 시작 시기 및 기간

일시적인 뇌 허혈/재관류에 따른 신경세포 손상은 뇌 허혈 직후부터 수일에 걸쳐 복잡한 연쇄반응으로 계속 진행되는데, 경도의 저체온이 이러한 손상과정의 여러 단계에 작용하는 것으로 알려져 왔다.^{100,101} 특히 심장정지 후 뇌 손상의 원인이 되는 산화 스트레스와 흥분성 아미노산의 증가 및 에너지 고갈 등은 심장정지 동안이나 자발순환회복 직후부터 발생하는 것으로 알려져 있으므로 심장정지 환자에게는 가능한 한 빨리 경도의 저체온 유도를 시작하는 것이 이론적으로 도움이 될 수 있다.^{102,103} 이러한 이유로 그동안 저체온을 병원 밖에서부터 빨리 유도하는 것과 병원에서 유도를 시작하는 것을 비교한 연구들이 많이 진행되었는데, 중간 근거수준을 가진 7개 임상시험 모두에서 나쁜 신경학적 예후나 사망에 있어 두 군 간의 유의한 차이가 없었다.¹⁰⁴⁻¹¹⁰ 2,237명이 포함된 7개 연구의 메타분석에서도 두 군간 퇴원 시 사망률에 차이가 없었고, 1,867명이 포함된 신경학적 예후에 대한 메타분석에서도 두 군 간의 퇴원 시 나쁜 신경학적 예후도 차이가 없었다.⁹⁴ 또한, 2016년 병원밖 심장정지 환자에게 심장정지 동안 냉 식염수를 급속주입한 군과 병원 도착 후 저체온을 유도한 군을 비교한 무작위대조시험이 조기 중단되었는데, 이는 냉 식염수를 소생술 중에 투여받은 환자의 자발순환회복률이 의미 있게 감소하고 급성폐부종이 의미 있게 증가하였기 때문이다.¹¹¹ 또한, 677명의 병원밖 심장정지 환자를 대상으로 심장정지 동안 비강으로 냉각제를 분사해 저체온을 신속히 유도한

군과 표준 치료 군을 비교한 무작위대조시험에서도 90일째 신경학적 예후는 차이가 없었다.¹¹² 따라서 현재까지의 과학적 근거로는 병원밖에서 목표체온유지치료를 시작하는 것이 병원에서 시작하는 것보다 우수하다는 근거가 없으며 추가 연구가 필요하다.

심장정지 후 목표체온유지치료의 적정 유지 시간을 정할만 한 결정적인 중재연구는 아직 없다. 2017년 350명의 병원밖 심장정지 환자를 대상으로 24시간과 48시간의 목표체온유지치료를 비교한 무작위대조시험에서 6개월째 신경학적 예후가 양 군 간에 차이가 없었고 표본 크기가 작아 48시간의 효용성에 대해 결론을 내릴 수 없었다.¹¹³ 따라서 앞서 지금까지 보고된 2개의 대규모 무작위대조시험에서 사용된 기간을 근거로 목표체온유지치료는 적어도 24시간 이상 유지할 것을 권장한다.

③ 목표체온유지치료 방법

목표 체온을 유도하기 위해 다양한 냉각방법들이 사용되고 있지만 이상적인 단일 방법은 아직 없다. 과거 많이 사용되었던 외부 표면 냉각방법(예, 냉각요, 얼음주머니)은 사용하기 쉽고 적용하기 편리한 장점이 있지만, 중심체온을 떨어뜨리는 속도가 느리고 체온을 일정하게 유지하기가 어려워 의료진에게 업무 부담이 크다는 단점이 있다. 최근 혈관 내 카테터를 이용한 냉각 장비나 정밀한 자동 되먹임 온도조절 장치를 갖춘 체외냉각장비들이 도입되면서 체온 조절이 쉬워졌으나 비용이 많이 드는 단점이 있다. 따라서 목표체온유지치료를 시행하고자 하는 의료진은 여러 가지 요소(시작하는 장소, 의료진의 능력과 경험, 저체온 유도의 신속성, 유지 및 재가온 시의 안정성, 장비의 이동성, 특정 장비나 방법들의 부작용, 장비의 사용 편리성 및 비용 등)를 적절히 고려하여 개별 환자에게 최적의 냉각방법을 선택해야 한다.¹¹⁴

비교적 사용이 쉬워 저체온 유도 방법으로 함께 많이 사용되고 있는 냉결정질 용액 급속정주법은 그

편리성으로 인해 병원 밖에서나 소생술 동안에도 시행했었다. 하지만 4개 무작위대조시험에 대한 메타분석에서 병원 밖에서 냉결정질 용액 급속정주법으로 목표체온유지치료를 시작한 군에서 심장정지가 다시 발생할 위험이 증가하였다.^{94,104,105,107,108} 또한, 3개 임상시험에 대한 메타분석에서도 폐부종 발생이 증가하는 것으로 나타났고, 일개 무작위대조시험에서 소생술 중에 냉식염수를 투여받은 환자에게 급성폐부종이 의미 있게 증가하여 병원 밖에서 소생술 동안이나 자발순환회복 직후에 많은 양의 차가운 수액을 정맥 내로 급속 주입하여 저체온을 유도하는 것은 권고되지 않는다.^{94,104,108,110,112,}

목표체온유지치료를 시행할 때에는 환자의 중심체온을 식도, 방광 혹은 폐동맥에서 지속적으로 감시해야 한다. 폐동맥이 가장 유용하나 침습적이라는 제한이 있고, 겨드랑이 또는 구강 체온은 중심체온의 변화를 확인하기에 적절하지 않으며, 고막 온도 탐색자는 장기간 사용하기 어렵고 종종 부정확하다. 직장 온도는 흔히 이용되고 있지만 빠른 저체온 유도 시에 중심체온과 온도 차이가 있을 수 있으므로 주의가 필요하다.¹¹⁵

적정 재가온 속도에 관한 연구 역시 부족하여 현시점에서는 이전에 수행된 대규모 무작위대조시험들에서 적용된 시간당 0.25–0.5℃의 속도를 적용하도록 하고, 정상 체온(36.5~37.5℃)에 도달한 후에도 혼수상태가 지속되는 환자는 자발순환회복 후 72시간까지는 열이 나지 않도록 예방하고 가능한 정상 체온을 유지할 것을 제안한다.

2) 혈당 조절

고혈당은 심장정지로부터 소생된 환자의 사망률과 나쁜 신경학적 예후와 연관이 있는 것으로 알려져 있으므로 자발순환을 회복한 환자의 고혈당을 적절히 조절해야 한다. 특정 혈당을 목표로 하여 심장정지 환자의 예후를 향상시키는 혈당조절법에 대한 근거는 거의 없다. 심장정지 환자를 대상으로 목표 혈당치를 72~108 mg/dL 와 108~144 mg/dL의 두 군으로 설정한 무작위대조시험 결과, 30일째 사망률이

두 군 간에 차이가 없었다.¹¹⁶ 목표 혈당치를 90~144 mg/dL로 정한 묶음 치료를 제공하기 전과 후를 비교한 한 연구에서는 퇴원 시 신경학적 예후가 적용 전보다 향상되었지만, 혈당 조절의 단독 효과로 판정할 수는 없었다.¹¹⁷ 중환자를 대상으로 한 혈당 조절법에 관한 연구결과를 심장정지 환자에게 적용하는 것도 적절치 않을 수 있다.¹¹⁸⁻¹²⁰ 중환자를 대상으로 혈당 조절을 하는 방법은 여전히 논란의 여지가 있지만, 낮은 혈당 범위를 목표로 하는 엄격한 혈당조절법은 저혈당의 발생을 높이는 것과 연관이 있다.¹¹⁶ 따라서 아직 근거는 불충분하지만, 저혈당을 예방하기 위해 자발순환이 회복된 환자의 혈당을 144~180 mg/dL의 목표 범위로 적용할 것을 제안한다. 180 mg/dL 이상의 고혈당은 병원별 프로토콜에 따라 인슐린 점적주사로 치료하고, 저혈당(<80 mg/dL)이 발생하지 않도록 주의하는데 만약 저혈당이 발생하면 즉시 포도당액으로 교정한다. 특히 목표 체온을 경도 저체온으로 유도하거나 재가온하는 동안에는 혈당 변화가 심하므로 자주 혈당검사를 시행하는 것이 바람직하다.

3) 발작 조절

심장정지 후 혼수 환자의 발작, 비발작성 경련지속증(nonconvulsive status epilepticus), 그리고 기타 유사발작의 유병률은 약 20~30%로 추정한다.¹²¹ 심장정지 후 혼수 환자의 발작을 치료한 경우와 하지 않은 경우를 직접 비교한 연구는 없으며 특정 항경련제나 항경련제들의 혼합이 치료에 도움이 된다는 근거는 아직 없다. 그러나 지속적이고 치료에 반응하지 않는 발작은 다른 질환에서는 이차적인 뇌 손상과 연관이 있는 것으로 알려져 있으므로 심장정지 후 발작이 발생할 때도 적극적으로 치료하여 이차 뇌 손상이 발생치 않도록 하는 것을 권고한다.^{122,123}

발작이 발생하거나 의심될 때는 뇌파검사를 시행한다. 또한, 심장정지 후 혼수 환자에게 비발작성 경련 발생률이 높음을 고려할 때, 가능하면 뇌파검사를 적극적으로 시행할 것을 권고한다. 뇌파검사의 방법을 지속 뇌파검사로 할 것인지에 대해서는 진단적 효용의 측면과 비용 효과적 측면에서 논쟁이

있다.^{124,125}

하지만 심장정지 후 혼수 환자에게는 진정 치료나 목표체온유지치료 시행 중에 근이완제 등을 사용하기 때문에 환자의 발작 여부를 임상적으로 확인하기 어려운 경우가 많으므로 지속 뇌파검사를 사용하여 감시하는 것을 새로이 권고하고 있다.^{126,127}

한편 임상적으로 명백한 발작과는 관련 없이 관찰된 발작 파에 대한 치료가 환자의 예후에 어떠한 영향을 미치는지는 현재 알려지지 않았으며 이에 관한 대규모 임상연구가 진행 중이다.¹²⁸

발작을 조절하기 위해 일반적으로 사용하는 항경련제를 신속 주사하는데, 포스페니토인, 발프로산 나트륨, 레베트리아세탐은 모두 효과적이나 포스페니토인의 경우는 저혈압의 발생빈도가 높다.^{128,129} 프로포폴, 혹은 미다졸람과 같은 진정제 역시 심장정지 후 발작 파를 억제하는 데에 효과가 있다.¹³⁰ 심장정지 후 근간대경련 지속상태(postanoxic myoclonic status epilepticus)는 항경련제에 잘 반응하지 않을 수 있다.¹³¹

한편 심장정지 후 소생한 환자에게 예방적 목적으로 항경련제를 사용하는 것은 이를 뒷받침할 연구가 부족하여 권장하지 않는다.

4) 진정요법

자발순환회복 직후에는 기계환기를 유지해야 할 경우가 많으므로, 일시적 또는 지속적으로 진정제/진통제를 주사하게 된다. 또한, 자발순환이 회복된 후 의식이 완전히 회복되지 않은 상태에서 인지 장애로 섬망이나 과다행동이 발생하면 손상이 발생할 가능성도 커진다. 따라서 진정제, 진통제 등을 효과적으로 선택하여 사용하면, 환자-기계환기 사이의 저항도 줄고 스트레스에 의한 내인성 카테콜아민 분비도 줄일 수 있으며 산소소모량도 감소시킬 수 있다. 또한, 목표체온유지치료를 하는

동안에는 진정요법을 하여 떨림을 예방하거나 감소시킴으로써 목표 체온에 도달하는 시간을 줄일 수 있다. 이러한 경우에는 적절한 진정 정도를 평가하고 유지하기 위한 진정 프로토콜을 사용하는 것이 도움이 된다.

자발순환회복 후 진정요법은 일상적으로 사용하는 치료법이지만, 심장정지 환자를 대상으로 진정 및 신경근차단제의 투여 기간을 정의해 줄 만한 수준 높은 근거는 없다. 여러 나라의 68개 중환자실을 대상으로 목표체온유지치료 동안 사용하는 진정약물의 메타분석 결과, 매우 다양한 약물들이 사용됨을 알 수 있었다.¹³² 예후와 관련이 있을 만한 약물은 알 수 없었지만, 아편 유사제와 수면제의 병합요법이 주로 사용되었다. 또한, 프로포폴, 프리세텍스, 레미펜타닐과 같은 단기작용 약물은 신경학적 상태 평가와 예후 판정을 믿을 수 있도록 한다. 될 수 있으면 작용 기간이 짧은 약물로 진정효과를 유지하는 것이 권장되지만, 심장정지 후 진정제 사용 효과에 대한 분석이나 치료 방침이 확정된 것은 아직 없다. 소생후 치료를 받는 환자에게 신경근 차단제를 지속적으로 투여하는 것이 낮은 사망률과 관련이 있음을 제시한 연구가 있다.¹³³ 하지만 신경근 차단제를 투여하게 되면 신경학적 검사를 방해하고 발작의 발생을 알 수 없도록 한다.

5) 예방적 항생제 사용

소생후 통합치료에서 예방적 항생제 사용에 대해 2개의 무작위대조시험과 몇몇 관찰 연구가 있었다.¹³⁴⁻¹³⁷ 2개의 무작위대조시험에서는 생존과 신경학적 예후 모두에서 예방적 항생제 사용에 따른 차이가 없었다.^{134,135} 한 무작위대조연구에서는 예방적 항생제를 처방받은 환자에게 초기 폐렴의 발생률이 낮게 나타났으나 생존과 신경학적 예후에서는 차이가 없었다.¹³⁴ 두개의 무작위대조시험의 자료를 분석한 결과 소생후 치료에서 예방적 항생제의 사용은 감염의 전반적인 발생률과는 관련이 없었다.^{134,135} 따라서 자발순환회복 환자에게 예방적으로 항생제를 사용하는 것은 권장되지 않는다.

8. 소생후 연명 치료 중단

2018년 2월부터 연명의료결정법이 시행되어 생명유지치료를 중단하는 것이 법적 테두리에서 허용되면서 심장정지 후 치료 환경에 큰 변화를 가져왔다. 심장정지 후 목표체온유지치료를 받는 성인에게 생명유지치료를 72시간 이내에 조기 중단하는 것이 72시간 이내에 조기 중단하지 않은 것에 비해 사망 퇴원이나 나쁜 신경학적 기능으로의 퇴원과 관련이 있다는 매우 낮은 근거 수준의 관찰 연구가 두 개 보고되었다.^{138,139} 따라서, 심장정지(병원밖, 병원내)로부터 자발순환회복 후 목표체온유지치료를 받는 성인의 신경학적 예후가 나쁠 것으로 예측된다는 이유로 생명유지치료를 72시간 이내에 중단하지 않을 것을 제안한다.

9. 신경학적 예후 예측

정확한 신경학적 예후 예측은 소생 가능한 환자에 대한 부적절한 치료 중단을 방지하고, 소생 가능성이 없는 환자에 대한 불필요한 치료를 줄이기 위해 중요하다. 하지만 현재까지 어떠한 검사도 환자의 예후를 완벽하게 예측할 수 없으므로 여러 가지 검사 결과를 통합하여 예후 예측을 하여야 한다. 또한, 치료에 사용된 약물(진정제와 신경근 차단제)과 목표체온유지치료의 영향을 받을 수 있으므로 자발순환회복 후 충분한 시간이 지난 이후에 신경학적 예후를 예측하는 과정이 진행되어야 한다. 2020년 가이드라인에서는 다음과 같은 신경학적 예후 예측 과정으로 접근할 것을 제안한다(그림 33).

- ① 심장정지 후 혼수 환자에 대한 예후 예측은 약물 효과나 심장정지 회복기의 오류를 최소화하기 적절한 시간이 지난 후에 시행할 것을 권고한다.
- ② 심장정지 후 혼수 환자에 대한 예후 예측은 각각의 검사들은 그 시행 시간에 맞추어 검사를 진행하더라도 이들의 결과를 종합하여 판단하는 것은 최소한 목표체온유지치료에서 정상 체온으로 회복 후 72시간 이후(자발순환회복 후 5일)에 다각적인 접근 방식으로 시행할 것을 제안한다.

③ 심장정지 후 혼수 환자에 대한 예후 예측은 한 가지 검사 결과만으로 판단하지 말고, 신경학적 검사, 생체표지자 검사, 몸 감각 유발전위검사, 뇌파검사, 영상검사 및 근간대경련 지속 여부 등 여러 가지 검사의 결과에 근거하여 다각적으로 접근(multimodal approach)할 것을 권고한다.

④ 다음과 같은 6가지의 검사 결과 중에 최소한 2개 이상의 소견이 관찰되면 나쁜 신경학적 예후를 추정할 수 있으며, 그렇지 않은 경우에는 추가 관찰 후 재평가하여 여러 가지 소견들을 종합적으로 판단하여 예후를 결정한다.

- 초기 뇌전산화단층촬영에서 회백질/백질 밀도비 감소 혹은 2-7일째 겔보기 확산계수를 포함한 확산강조 자기공명영상에서 광범위한 확산 제한
- 24시간 이후 몸 감각 유발전위검사서 양측 N20 피질 반응 소실
- 72시간 이후 뇌파에서 돌발 억제 발생 혹은 진폭통합 뇌파 감시에서 36시간 이내에 정상 파형이 발견되지 않음
- 24~72시간에 측정된 신경특이예놀라제 고농도 혈청값
- 72시간 이내 근간대경련 지속증 관찰
- 72시간 이후 양측 동공반사 및 각막반사의 소실

1) 신경학적 진찰

심장정지 후 혼수 환자의 자발순환회복 후 72시간 이후에 나쁜 신경학적 예후를 예측하기 위해 양측 동공반사의 소실과 각막반사의 소실을 종합하여 사용할 것을 제안한다.^{126,140-161} 심장정지 후 혼수 환자의 자발순환회복 후 72시간 이후에 나쁜 신경학적 예후를 예측하기 위해 정량적 동공측정(quantitative pupillometry)의 두 가지 변수인 정량적 동공반사(quantitative pupillary light

reflex)와 신경학적 동공반사 지수(neurological pupil index)를 모두 사용할 수 있다.^{149,152,162-164}

심장정지 후 혼수 환자의 자발순환회복 후 72시간 이내에 관찰된 근간대경련과 근간대경련 지속상태는 나쁜 신경학적 예후를 보이는 것으로 사용할 수 있지만, 다른 검사의 결과와 종합하여 평가하는 것을 제안한다.^{126,145,153,155,157,165-169} 또한, 관련된 뇌전증양 활동을 찾기 위해 근간대경련 동안 뇌파 기록을 고려할 수 있다.

신경학적 진찰은 나쁜 예후를 예측할 수 있지만, 목표체온유지치료와 안정제, 근이완제 등 약물에 의한 영향을 반드시 고려해야 하며, 예후 예측에 여러 가지 검사들을 함께 사용하도록 권고한다.

2) 전기생리학적 검사

(1) 몸 감각 유발전위(somatosensory evoked potential)

정중신경에 전기자극을 가하면 약 20ms 후에 대뇌의 감각피질에서 신호가 검출된다(N20). 몸 감각 유발전위는 바르비투르염(barbiturate)을 제외한 진정제 투여 여부에 따른 영향은 적은 편이나 근육의 움직임 혹은 전자과 간섭에 영향을 많이 받으므로 이를 최소화해야 한다. 근육의 움직임에 의한 간섭은 신경근육차단제의 투여로 제거할 수 있다. 21개의 연구에서 심장정지 후 24시간 이후에 시행한 몸 감각 유발전위검사에서 N20의 양측 소실이 나타나면 50-100%의 특이도와 18.2-70.5%의 민감도로 나쁜 예후를 예측하였다.^{125,126,140,147,149,153,154,160,170-182} N20의 진폭 감소가 나쁜 예후와 연관이 있다는 보고도 있으나 추가 연구가 필요하다.^{178,181,183,184} 심장정지 후 24시간 이내에는 교란 요인에 영향을 받을 가능성이 크므로, 심장정지 24시간 이후에 N20의 양측성 소실을 혼수상태인 환자의 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용할 것을 제안한다.

(2) 뇌파

① 뇌파에서 기록되는 발작(electrographic seizures)

5개의 연구에서 심장정지 후 120시간 이내에 뇌파에서 기록된 발작은 100%의 특이도와 0.6-26.8%의 민감도로 나쁜 예후를 예측하였다.^{165,185-188} 낮은 민감도가 시사하듯 뇌파에서 발작이 나타났음에도 불구하고 좋은 예후를 보이는 환자가 간혹 있으므로 예후 예측 도구로서 뇌파에서 기록된 발작의 유용성은 명확하지 않다. 심장정지 후 혼수상태가 지속되는 환자의 뇌파에서 나타나는 발작은 다른 검사들과 함께 나쁜 예후 예측에 고려할 수 있다. 뇌전증 지속상태(status epilepticus)는 발작의 심한 형태이지만, 뇌파에서 나타나는 뇌전증 지속상태(electrographic status epilepticus)는 연구마다 일관된 정의가 수립되어 있지 않다. 심장정지 후 혼수상태인 환자의 뇌파에서 나타나는 뇌전증 지속상태를 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용하는 것은 권장되지 않는다.

② 돌발 억제(burst suppression)

7개의 연구에서 심장정지 후 120시간 이내에 나타나는 돌발 억제는 90.7-100%의 특이도와 1.1-47%의 민감도로 나쁜 예후를 예측하였다.^{157,165,170,173,187,189,190} 연구마다 돌발 억제의 정의가 일관되지 않고 기록 시점이 다양하며 약물의 영향을 배제할 수 없어 높은 수준의 근거를 보이지 않는다. 심장정지 후 72시간 후에 진정제 투여가 중단된 상태에서 혼수상태인 환자에게 나타나는 돌발 억제를 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용할 것을 제안한다.

③ 뇌전증양 활동(epileptiform discharges)

뇌전증양 활동은 율동성/주기적 방전(rhythmic/periodic discharges)과 산발적, 비율동성/주기적 방전(sporadic, non-rhythmic/periodic discharges)으로 나눌 수 있다. 율동성/주기적 방전은 11개의 연구에서 심장정지 후 120시간 이내에 나타날 경우 66.7-100%의 특이도와 2.4-42.9%의 민감도로

나쁜 예후를 예측하였다.^{126,146,153,177,179,185-187,189,191,192} 산발적, 비율동성/주기적 방전은 5개의 연구에서 심장정지 후 120시간 이내에 나타난 경우 66.7-100%의 특이도와 0.4-38.5%의 민감도로 나쁜 예후를 예측하였다.^{146,173,177,185,186} 뇌전증양 활동은 연구마다 정의가 다양하고 약물의 영향을 배제할 수 없으며 배경 뇌파에 따라 예후가 좌우되는 경향이 있다. 심장정지 후 혼수상태인 환자에게 나타나는 뇌전증양 활동을 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용하지 않을 것을 권장한다.

④ 무반응성 뇌파(EEG unreactivity)

15개의 연구에서 심장정지 후 72시간 이내에 무반응성 뇌파가 나타난 경우 41.7-100%의 특이도와 50-97.1%의 민감도로 나쁜 예후를 예측하였다.^{126,145,153,157,171,174,176,186,188,193-198} 두 개의 연구를 제외하면 특이도가 90% 미만이었다. 또한, 연구마다 자극과 반응이 일관되게 정의되지 않았으며 약물의 영향을 고려하지 않았다. 심장정지 후 혼수상태인 환자에게 나타나는 무반응성 뇌파를 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용하지 않을 것을 권고한다.

(3) 진폭통합 뇌파 감시(continuous amplitude-integrated EEG)

심장정지 후 목표체온유지치료를 받은 혼수 환자에게, 다른 검사들과 함께 진폭통합 뇌파 감시상 발견되는 돌발 억제, 뇌전증 지속상태, 심장정지 후 36시간 이내에 정상 파형이 발견되지 않는 것(lack of time to normal trace)을 나쁜 예후를 예측하는 근거로 사용할 것을 제안한다.¹⁹⁹⁻²⁰¹

3) 생물학적 표지자

심장정지 후 목표체온유지치료를 받은 혼수 환자에게, 나쁜 예후를 예측하기 위해 다른 예후 인자와 결합하여 순환회복 후 24~72시간에 측정된 신경특이예놀라제의 고농도 혈청값의 사용을 제안하지만,

0% 위양성률로 나쁜 예후를 예측할 수 있는 임계값은 명확히 권고할 수 없다.^{141,147,150,153,157,160,202-206}

심장정지 후 혼수상태인 성인의 신경학적 결과를 예측하기 위해 S-100B 단백질을 사용하지 않을 것을 제안하며,²⁰⁷⁻²⁰⁹ 심장정지 후 혼수상태인 성인에 대한 나쁜 신경학적 결과를 예측하기 위해 혈청 glial fibrillary acidic protein(GFAP), 혈청 타우 단백질(tau protein) 또는 혈청 neurofilament protein(NFL)을 사용하지 않을 것을 제안한다.²¹⁰⁻²¹³

(1) 신경특이에놀라아제(neuron specific enolase: NSE)

자발순환회복 72시간 이내에 측정된 NSE는 33~120 $\mu\text{g/L}$ 의 임계값에서 75%~100% 특이도 및 7.8%~83.6%의 민감도로 6개월 후 나쁜 신경학적 예후를 예측할 수 있는 것으로 나타났으며, 자발순환회복 4일에 측정된 신경특이에놀라아제는 50.2 $\mu\text{g/L}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 42.1%의 민감도로 1개월 후 나쁜 신경학적 예후를 예측하는 것으로 보고되었으나, 0% 위양성률로 나쁜 예후를 예측할 수 있는 임계값은 명확하지 않다.

(2) S-100B 단백질

S-100B 단백질에 관한 관찰 연구에서 3~6개월 후 나쁜 신경학적 예후를 예측하는데, 자발순환회복 후 24시간에 측정된 S-100B 단백질은 0.193~2.59 $\mu\text{g/L}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 10.1%~77.6%의 민감도로 나타났으며, 자발순환회복 직후에 측정된 S-100B 단백질은 3.58~16.6 $\mu\text{g/L}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 2.8%~26.9%의 민감도로 임계값이 범위가 넓고 민감도도 낮게 나타났다.

(3) Glial fibrillary acidic protein (GFAP)

자발순환회복 후 48 ± 12 시간에 측정된 GFAP는 1개월 후 나쁜 신경학적 예후를 예측하는데, $0.08 \mu\text{g/L}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 21.3%의 낮은 민감도를 나타냈다.

(4) 혈청 타우 단백질

자발순환회복 후 24~72시간에 측정된 혈청 타우 단백질은 6개월 후 나쁜 신경학적 예후를 예측하는데, $72.7 \sim 874.5 \text{ ng/L}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 4%~42%의 낮은 민감도를 나타냈다.

(5) Neurofilament protein (NFL)

자발순환회복 후 24~72시간에 측정된 serum neurofilament light chain은 6개월 후 나쁜 신경학적 예후를 예측하는데, $1539 \sim 12317 \text{ pg/mL}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 53.1%~65%의 민감도로 나타났으며, 자발순환회복 후 1일~7일에 측정된 serum neurofilament light chain은 $72.7 \sim 874.5 \text{ ng/L}$ 의 임계값에서 100% 특이도 및 55.6%~94.4%의 민감도로 임계값이 범위가 넓고 민감도도 다양하게 나타났다.

4) 신경 영상검사

심장정지 후 혼수 환자의 뇌 전산화단층촬영에서 감소한 회백질/백질 밀도비(gray matter/white matter ratio; GWR, 정상 1.3)로 나타나는 뇌부종 정도와 뇌 자기공명영상에서 관찰되는 확산 제한 및 확산 제한을 정량화할 수 있는 apparent diffusion coefficient (ADC, 정상 $700 \sim 800 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$) 감소는 예후 예측에 사용될 수 있다.

뇌 전산화단층촬영에서 특정 부위의 회백질/백질 밀도비가 평가되었고(대부분 자발순환회복 24시간 이내), 나쁜 예후에 대한 특이도는 85%~100%로 보고되었다.^{142,160,161,202,214-220} 그러나 나쁜 예후를 100% 예측할 수 있는 회백질/백질 밀도비의 특정 임계값과 가장 적절한 뇌 전산화단층촬영 검사 시점은 아직 알 수 없다.

심장정지 후 5일 이내에 시행된 자기공명영상에서 확산 제한이 관찰되는 경우, 나쁜 예후에 대한 특이도는 55.7%~100%로 보고되었다.^{143,158,160} 심장정지 후 7일 이내 시행된 자기공명영상의 ADC 값으로 나쁜 예후를 예측하려는 연구들이 있었다.²²¹⁻²²³ 정량적인 ADC 측정이 유망한 도구이나 사용 가능성과 측정방법의 다양성 때문에 나쁜 예후 예측을 위한 ADC의 특정 임계값은 알 수 없다.

심장정지 후 혼수 환자에게 다른 확립된 예후 인자들과 같이 사용된다면, 자발순환회복 후 24시간 이내 촬영한 뇌 전산화단층촬영에서 현저히 감소한 회백질/백질 밀도비 또는 자발순환회복 후 2~7일에 촬영한 뇌 자기공명영상에서 광범위한 확산 제한 및 ADC 감소는 나쁜 예후를 예측하는 도구 중의 하나로 사용하기를 제안한다. 또한, 영상검사 시행 방법에 따라 판독이 다양할 수 있기 때문에 전문지식이 축적된 센터에서만 뇌 영상검사를 사용하는 것이 합리적일 것이다.

10. 심장정지 후 장기 기증

이식 관련 연구는 전향적 연구가 불가능하여 대부분 대규모 후향적 연구결과가 전향적 연구와 비슷한 영향력을 갖는다고 할 수 있다. 또한, 이식은 장기별로 고려하는 합병증이 다르고, 기증되는 장기의 질은 심폐소생술을 시행 여부에 따라 달라지는 것이 아니라 기능적 온허혈시간, 무관류시간 등이 더 중요하게 작용할 수 있다. 여러 후향적 연구들을 검토한 결과 최근 많은 연구는 자발순환회복에 실패하여 사망한 기증자로부터 기증된 장기의 이식 결과가 받아들일 만하며, 아주 소수의 심폐소생술에

의해 자발순환회복 후 뇌사로 사망한 기증자의 이식 결과도 심폐소생술을 시행받지 않은 기증자의 이식 결과와 비교해 나쁘지 않다고 보고되고 있다.²²⁴⁻²³³ 현재까지 발표된 연구결과를 토대로 심폐소생술 여부가 이식된 장기의 치료 결과에 영향을 미치지 않는다고 정리되고 있다.²³⁴ 따라서, 심폐소생술 후 자발순환이 회복된 뇌사 환자나 자발순환회복에 실패한 심장정지 환자로부터의 장기 기증을 적극적으로 고려할 것을 제안한다.

심폐소생술 후 자발순환회복이 된 환자 중 자발 호흡이 없고, 인공호흡기로 호흡이 유지되면서, 원인질환이 확실하고 치료될 가능성이 없는 뇌 병변이 증명되었거나, 7가지 뇌간 반사 중 5개 이상의 반사가 없으며, 일산화탄소 중독, 대사성 장애, 자살시도 등의 발생 원인으로 의학적 관찰이 필요한 경우가 아닌 경우에는 뇌사로 추정할 수 있다. 뇌사 추정자를 진료한 의료진은 장기 기증을 위한 뇌사 추정자 신고를 할 것을 권고한다.²³⁵

심폐소생술 후 뇌사 추정자 통보 시 장기 기증 동의 여부 확인을 위해 의료진이 보호자에게 뇌사 추정 상태와 뇌사 추정자 통보제 설명 여부를 확인해야 한다. 장기 기증 평가에 앞서, 뇌사 추정 상태에 대한 보호자의 인지 정도와 기증자 가족 정보에 관한 확인이 선행되어야 한다. 기증자 가족 정보 확인은 장기 기증 동의 여부 확인, 기증자와의 관계 및 연락처, 선 순위 보호자 확인을 포함한다.²³⁵

11. 심장정지 회복 후 재활 및 돌봄

1) 심장정지 회복 후 평가 및 재활

심장정지 후 생존자는 다른 중환자와 마찬가지로 다양한 신체, 인지, 심리 문제를 경험하게 된다.²³⁶ 특히 불안, 우울, 외상 후 스트레스와 같은 심리적 장애는 심장정지로부터 소생된 환자의 약 1/3이 경험하는 것으로 알려져 있고, 피로감도 다른 장애로 인하여 흔히 동반된다.^{56,236-239} 심장정지 환자의

가족도 심한 스트레스와 심리적 문제를 경험한다.²⁴⁰⁻²⁴⁴ 이러한 심리적 문제는 심장정지 환자의 장기 예후 및 삶의 질에 큰 영향을 미치지만, 의료진이 바로 인지하기 어려워 적절한 치료를 제공하지 못하는 경우가 많다.²⁴⁵⁻²⁴⁷ 따라서 심장정지 후 생존자에게 흔하게 발생하는 심리적 문제들을 놓치지 않고 확인함으로써 적절한 치료를 제공하여 장기 예후를 개선할 수 있도록 불안, 우울, 외상 후 스트레스, 피로감에 대한 구조화된 선별 평가를 시행할 것을 권고한다. 심장정지 후 기억력, 집중력, 실행력 등 다양한 영역에서의 인지 장애(cognitive impairment)가 흔하게 관찰되며, 삶의 질 저하와 연관되어 있다.²⁴⁸⁻²⁵³ 신경학적 손상 및 중환자 치료 이후 위약, 보행장애, 연하곤란, 심폐기능 저하가 발생할 가능성도 크다.²⁵⁴ 따라서 심장정지에 따른 다양한 장애를 조기에 평가하고 적절한 재활 중재를 통해 기능 회복 및 사회 복귀를 증진하기 위해 심장정지 생존자에 대해 퇴원 전 신체, 신경학적, 심폐, 인지 장애에 대한 다각적인 재활의학적 평가를 시행하고 이에 따른 치료 계획을 수립할 것을 권고한다. 현재 심장정지 후 재활의학적 평가 및 치료 효과에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 하지만 중환자 치료 후 조기 재활의 효과와 뇌졸중, 외상성 뇌 손상에서의 신체 및 인지 장애에 대한 재활 효과 및 가이드라인 권고를 고려할 때, 심장정지 후 재활 중재의 효과 또한 기대되며 향후 추가 연구가 필요하다.²⁵⁴⁻²⁶⁰

2) 심장정지 후 퇴원 계획 및 퇴원 후 돌봄

심장정지 후 발생하는 다양한 의학적 문제 및 장애로 인해 사회 및 직장으로 복귀하는 데에 어려움이 발생한다.^{250,261-263} 또한, 환자와 보호자는 환자의 상태에 대한 적절한 정보 제공을 요구하게 된다.²⁴¹²⁶⁴⁻²⁶⁶ 따라서 심장정지 생존자에 대해 의학적, 재활의학적 치료 계획을 포함한 포괄적이고 다학제적인 퇴원 계획이 수립되어야 한다.

심장정지 생존자들을 대상으로 장기적 예후 호전을 위한 돌봄(follow-up care)의 효과를 관찰한 3개

의 무작위대조시험을 확인할 수 있었다. 심장정지 후 생존자에게 초기부터 신경학적 손상에 의한 증상을 대상으로 한 개별화된, 반구조적(semi-structured) 중재를 시행하여 기존의 돌봄 치료와 비교한 연구결과, 실험군에서 대조군과 비교해 SF-36의 감정, 정신 건강, 일반 건강 항목의 유의한 호전이 관찰되었다.²⁶⁷ 실험군에서 Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)로 평가한 전반적인 감정 상태 및 불안감이 유의하게 호전되었다. 1년째 사회적 참여 정도는 두 군에서 차이가 없었으나 3개월째 직업복귀율은 실험군에서 유의하게 높았다. 같은 연구 자료를 사용한 비용-효과 분석에서 초기 신경학적 증상에 중점을 둔 중재는 전체적인 비용에서 대조군과 유의한 차이가 없었으며, incremental cost effectiveness ratio (ICER) 상 해당 중재가 비용 효과적이라고 보고하였다.²⁶⁸ 133명의 병원 외 심장정지 생존자를 대상으로 한 무작위대조시험에서, 실험군에게 긴장 완화요법, 자가관리 및 대처를 도와 우울, 불안 등을 감소시키기 위한 인지행동치료, 심혈관계 위험인자 교육 등으로 구성된 심리·사회적 치료를 1주일에 2회 총 11회 제공하여 기존 치료와 비교한 결과, 2년째 심혈관계 사망위험도가 유의하게 감소하였다.²⁶⁹ 심장정지 혹은 치명적 부정맥 이후 체내삽입형 제세동기를 삽입한 168명의 환자 중 무작위로 배정된 실험군에 구조화된 정보를 제공하고, 1주일에 1회, 1회당 15~20분, 총 8주간의 전화 상담을 시행한 연구가 진행되었다.²⁷⁰ 전화 상담은 체내삽입형 제세동기 삽입 이후 회복 과정을 돕도록 하고, 자기효능감을 증진하며, 감정적 스트레스나 불안감을 해소하는 목적으로 진행되었다. 6, 12개월째 신체적, 심리적 적응, 자기효능감, 의료이용 정도를 평가한 결과, 실험군에서 신체적 염려, 불안, 죽음에 대한 공포가 유의하게 감소하였고, 자기효능감 및 체내삽입형 제세동기 관리에 대한 지식이 유의하게 증진되었다. 최근 대조군이 없는 중재 관찰 연구에서는 심장정지 후 생존자들을 위해 입원 시부터 퇴원 후 12개월까지 제공될 수 있는 다학제적이고, 구조화된 심리, 인지, 의학적 지지 돌봄 치료 프로그램을 개발, 적용하였다.²⁷¹ 프로그램은 입원 시 광범위한 인지, 심리에 대한 평가와 다양한 형태의 정보제공, 퇴원 후 2일째 전화 상담, 퇴원 후 8주, 6개월, 12개월에 외래 방문을 통한 약 1시간 동안의 다학제적 평가 및 상담 등으로 이루어졌다. 상기 돌봄 치료 프로그램을 19명의 심장정지 후 생존자에게 적용하였

을 때 SF -36으로 평가한 삶의 질이 퇴원 시보다 6개월째 거의 모든 부분에서 호전된 것을 확인하였다. 따라서 심장정지 생존자에게 인지 장애, 불안, 우울 등의 문제를 고려한 개별화된 돌봄 치료를 제공해야 한다.

12. 심장정지 치료센터

소생후 통합치료가 효율적으로 시행될 수 있는 병원으로의 환자 이송은 생존 및 신경학적으로 양호한 예후와 연관이 있다고 알려져 있다.²⁷²⁻²⁸⁸ 하지만 17개의 관찰 연구를 메타 분석한 결과에서는 심장정지 치료센터에서 치료한 경우가 심장정지 치료센터가 아닌 병원에서 치료한 경우에 비해 생존 퇴원율 및 신경학적으로 양호한 생존 퇴원율이 높았지만 30일 사망률 및 신경학적 예후는 차이가 없었다.²⁸⁹ 이는 심장정지 치료센터에 대한 명확한 정의가 없는 것과 대규모 무작위대조시험이 없기 때문으로 분석된다. 많은 연구에서 24시간 관상동맥조영술, 목표체온유지치료, 신경 집중 치료의 가능 여부가 심장정지 치료센터의 정의에 포함되어 있고 실제로 허혈성 심장질환이 급성 심장정지의 주요 원인이기 때문에 국내에서 심장정지 치료센터를 정의할 때 24시간 관상동맥조영술과 목표체온유지치료의 가능 여부를 심장정지 치료센터의 정의에 포함할 것을 제안한다.²⁹⁰

성인 비외상성 병원밖 심장정지 환자는 24시간 관상동맥조영술과 목표체온유지치료가 가능한 심장정지 치료센터 수준의 병원에서 치료받도록 할 것을 제안한다. 병원밖 심장정지 환자는 관상동맥조영술이 가능한 심장정지 치료센터로 바로 이송하는 것이 타당하며, 병원밖 심장정지 환자가 관상동맥조영술이 불가능한 병원에 내원한 경우 관상동맥조영술이 가능한 심장정지 치료센터 수준의 병원으로 즉시 이송하는 것이 효과적일 수 있다. 하지만 급성심근경색증 환자의 20%만이 응급의료체계를 이용하고 있으며, ST 분절 상승 급성심근경색증 환자의 절반 정도가 최초 내원 시 관상동맥조영술이 불가능한 병원으로 내원하는 국내 현실을 고려하여 대국민 홍보와 함께 심장정지 환자의 전원과 이송에 대한 명확한 지침

이 필요하다.²⁹¹ 또한, 우리나라에는 심장정지 치료센터의 개념이 아직 정립되어 있지 않으므로, 심장정지 치료센터의 기능 및 수준에 대한 개념 정립과 더불어 의료체계에서 심장정지 치료센터의 지정 등에 관한 논의가 필요하다.

참고문헌

1. Soar J, Berg KM, Andersen LW, et al. Adult Advanced Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A80–A119.
2. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
3. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
4. Neumar RW, Nolan JP, Adrie C, et al. Post-cardiac arrest syndrome: epidemiology, pathophysiology, treatment, and prognostication. A consensus statement from the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, European Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Asia, and the Resuscitation Council of Southern Africa); the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee; the Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia; the Council on Cardiopulmonary, Perioperative, and Critical Care; the Council on Clinical Cardiology; and the Stroke Council. *Circulation* 2008;118(23):2452–83.
5. Chalkias A, Xanthos T. Pathophysiology and pathogenesis of post-resuscitation myocardial stunning. *Heart Fail Rev* 2012;17(1):117–28.
6. Ruiz-Bailen M, Aguayo de Hoyos E, Ruiz-Navarro S, et al. Reversible myocardial dysfunction after cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2005;66(2):175–81.
7. Laurent I, Monchi M, Chiche JD, et al. Reversible myocardial dysfunction in survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol* 2002;40(12):2110–6.
8. Bottiger BW, Motsch J, Bohrer H, et al. Activation of blood coagulation after cardiac arrest is

not balanced adequately by activation of endogenous fibrinolysis. *Circulation* 1995;92(9):2572–8.

9. Bottiger BW, Motsch J, Braun V, Martin E, Kirschfink M. Marked activation of complement and leukocytes and an increase in the concentrations of soluble endothelial adhesion molecules during cardiopulmonary resuscitation and early reperfusion after cardiac arrest in humans. *Crit Care Med* 2002;30(11):2473–80.
10. Roberts BW, Kilgannon JH, Chansky ME, et al. Multiple organ dysfunction after return of spontaneous circulation in postcardiac arrest syndrome. *Crit Care Med* 2013;41(6):1492–501.
11. Grimaldi D, Guivarch E, Neveux N, et al. Markers of intestinal injury are associated with endotoxemia in successfully resuscitated patients. *Resuscitation* 2013;84(1):60–5.
12. Adrie C, Monchi M, Laurent I, et al. Coagulopathy after successful cardiopulmonary resuscitation following cardiac arrest: implication of the protein C anticoagulant pathway. *J Am Coll Cardiol* 2005;46(1):21–8.
13. Bro-Jeppesen J, Kjaergaard J, Wanscher M, et al. Systemic Inflammatory Response and Potential Prognostic Implications After Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Substudy of the Target Temperature Management Trial. *Crit Care Med* 2015;43(6):1223–32.
14. van Genderen ME, Lima A, Akkerhuis M, Bakker J, van Bommel J. Persistent peripheral and microcirculatory perfusion alterations after out-of-hospital cardiac arrest are associated with poor survival. *Crit Care Med* 2012;40(8):2287–94.
15. Fink K, Schwarz M, Feldbrugge L, et al. Severe endothelial injury and subsequent repair in patients after successful cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care* 2010;14(3):R104.
16. Huet O, Dupic L, Batteux F, et al. Postresuscitation syndrome: potential role of hydroxyl radical-induced endothelial cell damage. *Crit Care Med* 2011;39(7):1712–20.
17. Adrie C, Laurent I, Monchi M, Cariou A, Dhainaou JF, Spaulding C. Postresuscitation disease after cardiac arrest: a sepsis-like syndrome? *Curr Opin Crit Care* 2004;10(3):208–12.
18. Adrie C, Adib-Conquy M, Laurent I, et al. Successful cardiopulmonary resuscitation after

cardiac arrest as a "sepsis-like" syndrome. *Circulation* 2002;106(5):562–8.

19. Peberdy MA, Callaway CW, Neumar RW, et al. Part 9: post-cardiac arrest care: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122(18 Suppl 3):S768–86.

20. Thomas M, Voss S, Bengner J, Kirby K, Nolan JP. Cluster randomised comparison of the effectiveness of 100% oxygen versus titrated oxygen in patients with a sustained return of spontaneous circulation following out of hospital cardiac arrest: a feasibility study. PROXY: post ROSC OXYgenation study. *BMC Emerg Med* 2019;19(1):16.

21. Bray JE, Hein C, Smith K, et al. Oxygen titration after resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest: A multi-centre, randomised controlled pilot study (the EXACT pilot trial). *Resuscitation* 2018;128:211–5.

22. Kuisma M, Boyd J, Voipio V, Alaspää A, Roine RO, Rosenberg P. Comparison of 30 and the 100% inspired oxygen concentrations during early post-resuscitation period: a randomised controlled pilot study. *Resuscitation* 2006;69(2):199–206.

23. Wang HE, Prince DK, Drennan IR, et al. Post-resuscitation arterial oxygen and carbon dioxide and outcomes after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;120:113–8.

24. Young P, Bailey M, Bellomo R, et al. HyperOxic Therapy OR NormOxic Therapy after out-of-hospital cardiac arrest (HOT OR NOT): a randomised controlled feasibility trial. *Resuscitation* 2014;85(12):1686–91.

25. Investigators I–R, the A, New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials G, et al. Conservative Oxygen Therapy during Mechanical Ventilation in the ICU. *N Engl J Med* 2020;382(11):989–98.

26. Jakkula P, Reinikainen M, Hastbacka J, et al. Targeting two different levels of both arterial carbon dioxide and arterial oxygen after cardiac arrest and resuscitation: a randomised pilot trial. *Intensive Care Med* 2018;44(12):2112–21.

27. Vaahersalo J, Bendel S, Reinikainen M, et al. Arterial blood gas tensions after resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest: associations with long-term neurologic outcome. *Crit Care Med* 2014;42(6):1463–70.
28. Eastwood GM, Tanaka A, Espinoza ED, et al. Conservative oxygen therapy in mechanically ventilated patients following cardiac arrest: A retrospective nested cohort study. *Resuscitation* 2016;101:108–14.
29. Ebner F, Ullen S, Aneman A, et al. Associations between partial pressure of oxygen and neurological outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients: an explorative analysis of a randomized trial. *Crit Care* 2019;23(1):30.
30. von Auenmueller KI, Christ M, Sasko BM, Trappe HJ. The Value of Arterial Blood Gas Parameters for Prediction of Mortality in Survivors of Out-of-hospital Cardiac Arrest. *J Emerg Trauma Shock* 2017;10(3):134–9.
31. Humaloja J, Litonius E, Efendijev I, et al. Early hyperoxemia is not associated with cardiac arrest outcome. *Resuscitation* 2019;140:185–93.
32. Johnson NJ, Dodampahala K, Rosselot B, et al. The Association Between Arterial Oxygen Tension and Neurological Outcome After Cardiac Arrest. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2017;7(1):36–41.
33. Roberts BW, Kilgannon JH, Hunter BR, et al. Association Between Early Hyperoxia Exposure After Resuscitation From Cardiac Arrest and Neurological Disability: Prospective Multicenter Protocol-Directed Cohort Study. *Circulation* 2018;137(20):2114–24.
34. Elmer J, Scutella M, Pullalarevu R, et al. The association between hyperoxia and patient outcomes after cardiac arrest: analysis of a high-resolution database. *Intensive Care Med* 2015;41(1):49–57.
35. Janz DR, Hollenbeck RD, Pollock JS, McPherson JA, Rice TW. Hyperoxia is associated with increased mortality in patients treated with mild therapeutic hypothermia after sudden cardiac arrest.

Crit Care Med 2012;40(12):3135–9.

36. Eastwood GM, Schneider AG, Suzuki S, et al. Targeted therapeutic mild hypercapnia after cardiac arrest: A phase II multi-centre randomised controlled trial (the CCC trial). *Resuscitation* 2016;104:83–90.

37. Ebner F, Harmon MBA, Aneman A, et al. Carbon dioxide dynamics in relation to neurological outcome in resuscitated out-of-hospital cardiac arrest patients: an exploratory Target Temperature Management Trial substudy. *Crit Care* 2018;22(1):196.

38. Roberts BW, Kilgannon JH, Chansky ME, Mittal N, Wooden J, Trzeciak S. Association between postresuscitation partial pressure of arterial carbon dioxide and neurological outcome in patients with post-cardiac arrest syndrome. *Circulation* 2013;127(21):2107–13.

39. Hope Kilgannon J, Hunter BR, Puskarich MA, et al. Partial pressure of arterial carbon dioxide after resuscitation from cardiac arrest and neurological outcome: A prospective multi-center protocol-directed cohort study. *Resuscitation* 2019;135:212–20.

40. Roberts BW, Kilgannon JH, Hunter BR, et al. Association Between Elevated Mean Arterial Blood Pressure and Neurologic Outcome After Resuscitation From Cardiac Arrest: Results From a Multicenter Prospective Cohort Study. *Crit Care Med* 2019;47(1):93–100.

41. Ameloot K, De Deyne C, Eertmans W, et al. Early goal-directed haemodynamic optimization of cerebral oxygenation in comatose survivors after cardiac arrest: the Neuroprotect post-cardiac arrest trial. *Eur Heart J* 2019;40(22):1804–14.

42. Jakkula P, Pettila V, Skrifvars MB, et al. Targeting low-normal or high-normal mean arterial pressure after cardiac arrest and resuscitation: a randomised pilot trial. *Intensive Care Med* 2018;44(12):2091–101.

43. Annoni F, Dell'Anna AM, Franchi F, et al. The impact of diastolic blood pressure values on the neurological outcome of cardiac arrest patients. *Resuscitation* 2018;130:167–73.

44. Janiczek JA, Winger DG, Coppler P, et al. Hemodynamic Resuscitation Characteristics

Associated with Improved Survival and Shock Resolution After Cardiac Arrest. *Shock* 2016;45(6):613–9.

45. Trzeciak S, Jones AE, Kilgannon JH, et al. Significance of arterial hypotension after resuscitation from cardiac arrest. *Crit Care Med* 2009;37(11):2895–903; quiz 904.

46. Chiu YK, Lui CT, Tsui KL. Impact of hypotension after return of spontaneous circulation on survival in patients of out-of-hospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2018;36(1):79–83.

47. Bray JE, Bernard S, Cantwell K, Stephenson M, Smith K, Committee VS. The association between systolic blood pressure on arrival at hospital and outcome in adults surviving from out-of-hospital cardiac arrests of presumed cardiac aetiology. *Resuscitation* 2014;85(4):509–15.

48. Russo JJ, Di Santo P, Simard T, et al. Optimal mean arterial pressure in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest: An analysis of area below blood pressure thresholds. *Resuscitation* 2018;128:175–80.

49. Laurikkala J, Wilkman E, Pettila V, et al. Mean arterial pressure and vasopressor load after out-of-hospital cardiac arrest: Associations with one-year neurologic outcome. *Resuscitation* 2016;105:116–22.

50. Spaulding CM, Joly LM, Rosenberg A, et al. Immediate coronary angiography in survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;336(23):1629–33.

51. Kern KB, Lotun K, Patel N, et al. Outcomes of Comatose Cardiac Arrest Survivors With and Without ST-Segment Elevation Myocardial Infarction: Importance of Coronary Angiography. *JACC Cardiovasc Interv* 2015;8(8):1031–40.

52. Yannopoulos D, Bartos JA, Raveendran G, et al. Coronary Artery Disease in Patients With Out-of-Hospital Refractory Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest. *J Am Coll Cardiol* 2017;70(9):1109–17.

53. Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the

management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2018;39(2):119–77.

54. Lemkes JS, Janssens GN, van der Hoeven NW, et al. Coronary Angiography after Cardiac Arrest without ST-Segment Elevation. *N Engl J Med* 2019;380(15):1397–407.

55. Verma BR, Sharma V, Shekhar S, et al. Coronary Angiography in Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest Without ST-Segment Elevation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Interv* 2020;13(19):2193–205.

56. Panchal AR, Bartos JA, Cabanas JG, et al. Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 2):S366–S468.

57. Collet J-P, Thiele H, Barbato E, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J* 2020. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa575.ehaa575>.

58. Elfwen L, Lagedal R, Nordberg P, et al. Direct or subacute coronary angiography in out-of-hospital cardiac arrest (DISCO)—An initial pilot-study of a randomized clinical trial. *Resuscitation* 2019;139:253–61.

59. Kim YJ, Kim YH, Lee BK, et al. Immediate versus early coronary angiography with targeted temperature management in out-of-hospital cardiac arrest survivors without ST-segment elevation: A propensity score-matched analysis from a multicenter registry. *Resuscitation* 2019;135:30–6.

60. Kleissner M, Sramko M, Kohoutek J, Kautzner J, Kettner J. Impact of urgent coronary angiography on mid-term clinical outcome of comatose out-of-hospital cardiac arrest survivors presenting without ST-segment elevation. *Resuscitation* 2015;94:61–6.

61. Vadeboncoeur TF, Chikani V, Hu C, Spaite DW, Bobrow BJ. Association between coronary angiography with or without percutaneous coronary intervention and outcomes after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;127:21–5.

62. Shin J, Ko E, Cha WC, et al. Impact of early coronary angiography on the survival to discharge after out-of-hospital cardiac arrest. *Clin Exp Emerg Med* 2017;4(2):65–72.
63. Ahn JM, Lee KH, Yoo SY, et al. Prognosis of Variant Angina Manifesting as Aborted Sudden Cardiac Death. *J Am Coll Cardiol* 2016;68(2):137–45.
64. Webb JG, Lowe AM, Sanborn TA, et al. Percutaneous coronary intervention for cardiogenic shock in the SHOCK trial. *J Am Coll Cardiol* 2003;42(8):1380–6.
65. Thiele H, Akin I, Sandri M, et al. PCI Strategies in Patients with Acute Myocardial Infarction and Cardiogenic Shock. *N Engl J Med* 2017;377(25):2419–32.
66. Bottiger BW, Arntz HR, Chamberlain DA, et al. Thrombolysis during resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2008;359(25):2651–62.
67. Comess KA, DeRook FA, Russell ML, Tognazzi-Evans TA, Beach KW. The incidence of pulmonary embolism in unexplained sudden cardiac arrest with pulseless electrical activity. *Am J Med* 2000;109(5):351–6.
68. Janata K, Holzer M, Kürkciyan I, et al. Major bleeding complications in cardiopulmonary resuscitation: the place of thrombolytic therapy in cardiac arrest due to massive pulmonary embolism. *Resuscitation* 2003;57(1):49–55.
69. Javaudin F, Lascarrou JB, Le Bastard Q, et al. Thrombolysis During Resuscitation for Out-of-Hospital Cardiac Arrest Caused by Pulmonary Embolism Increases 30-Day Survival: Findings From the French National Cardiac Arrest Registry. *Chest* 2019;156(6):1167–75.
70. Yousuf T, Brinton T, Ahmed K, et al. Tissue Plasminogen Activator Use in Cardiac Arrest Secondary to Fulminant Pulmonary Embolism. *J Clin Med Res* 2016;8(3):190–5.
71. Doerge HC, Schoendube FA, Loeser H, Walter M, Messmer BJ. Pulmonary embolectomy: review of a 15-year experience and role in the age of thrombolytic therapy. *Eur J Cardiothorac Surg* 1996;10(11):952–7.
72. Konstantinov IE, Saxena P, Koniuszko MD, Alvarez J, Newman MA. Acute massive pulmonary

embolism with cardiopulmonary resuscitation: management and results. *Tex Heart Inst J* 2007;34(1):41–5; discussion 5–6.

73. Fava M, Loyola S, Bertoni H, Dougnac A. Massive pulmonary embolism: percutaneous mechanical thrombectomy during cardiopulmonary resuscitation. *J Vasc Interv Radiol* 2005;16(1):119–23.

74. Zeiner A, Holzer M, Sterz F, et al. Hyperthermia after cardiac arrest is associated with an unfavorable neurologic outcome. *Arch Intern Med* 2001;161(16):2007–12.

75. Langhelle A, Tyvold SS, Lexow K, Hapnes SA, Sunde K, Steen PA. In-hospital factors associated with improved outcome after out-of-hospital cardiac arrest. A comparison between four regions in Norway. *Resuscitation* 2003;56(3):247–63.

76. Nolan JP, Laver SR, Welch CA, Harrison DA, Gupta V, Rowan K. Outcome following admission to UK intensive care units after cardiac arrest: a secondary analysis of the ICNARC Case Mix Programme Database. *Anaesthesia* 2007;62(12):1207–16.

77. Suffoletto B, Peberdy MA, van der Hoek T, Callaway C. Body temperature changes are associated with outcomes following in-hospital cardiac arrest and return of spontaneous circulation. *Resuscitation* 2009;80(12):1365–70.

78. Gebhardt K, Guyette FX, Doshi AA, Callaway CW, Rittenberger JC, Post Cardiac Arrest S. Prevalence and effect of fever on outcome following resuscitation from cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(8):1062–7.

79. Benz-Woerner J, Delodder F, Benz R, et al. Body temperature regulation and outcome after cardiac arrest and therapeutic hypothermia. *Resuscitation* 2012;83(3):338–42.

80. Bouwes A, Robillard LB, Binnekade JM, et al. The influence of rewarming after therapeutic hypothermia on outcome after cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83(8):996–1000.

81. Leary M, Grossestreuer AV, Iannacone S, et al. Pyrexia and neurologic outcomes after therapeutic hypothermia for cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(8):1056–61.

82. Cocchi MN, Boone MD, Giberson B, et al. Fever after rewarming: incidence of pyrexia in postcardiac arrest patients who have undergone mild therapeutic hypothermia. *J Intensive Care Med* 2014;29(6):365–9.
83. Bro-Jeppesen J, Hassager C, Wanscher M, et al. Post-hypothermia fever is associated with increased mortality after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(12):1734–40.
84. Badjatia N. Hyperthermia and fever control in brain injury. *Crit Care Med* 2009;37(7 Suppl):S250–7.
85. Bohman LE, Levine JM. Fever and therapeutic normothermia in severe brain injury: an update. *Curr Opin Crit Care* 2014;20(2):182–8.
86. Hypothermia after Cardiac Arrest Study G. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2002;346(8):549–56.
87. Bernard SA, Gray TW, Buist MD, et al. Treatment of comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N Engl J Med* 2002;346(8):557–63.
88. Hachimi-Idrissi S, Zizi M, Nguyen DN, et al. The evolution of serum astroglial S-100 beta protein in patients with cardiac arrest treated with mild hypothermia. *Resuscitation* 2005;64(2):187–92.
89. Laurent I, Adrie C, Vinsonneau C, et al. High-volume hemofiltration after out-of-hospital cardiac arrest: a randomized study. *J Am Coll Cardiol* 2005;46(3):432–7.
90. Kim YM, Yim HW, Jeong SH, Klem ML, Callaway CW. Does therapeutic hypothermia benefit adult cardiac arrest patients presenting with non-shockable initial rhythms?: A systematic review and meta-analysis of randomized and non-randomized studies. *Resuscitation* 2012;83(2):188–96.
91. Testori C, Sterz F, Behringer W, et al. Mild therapeutic hypothermia is associated with favourable outcome in patients after cardiac arrest with non-shockable rhythms. *Resuscitation* 2011;82(9):1162–7.
92. Dumas F, Grimaldi D, Zuber B, et al. Is hypothermia after cardiac arrest effective in both

shockable and nonshockable patients?: insights from a large registry. *Circulation* 2011;123(8):877–86.

93. Vaahersalo J, Hiltunen P, Tiainen M, et al. Therapeutic hypothermia after out-of-hospital cardiac arrest in Finnish intensive care units: the FINNRESUSCI study. *Intensive Care Med* 2013;39(5):826–37.

94. Donnino MW, Andersen LW, Berg KM, et al. Temperature Management After Cardiac Arrest: An Advisory Statement by the Advanced Life Support Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. *Circulation* 2015;132(25):2448–56.

95. Lascarrou JB, Merdji H, Le Gouge A, et al. Targeted Temperature Management for Cardiac Arrest with Nonshockable Rhythm. *N Engl J Med* 2019;381(24):2327–37.

96. Nichol G, Huszti E, Kim F, et al. Does induction of hypothermia improve outcomes after in-hospital cardiac arrest? *Resuscitation* 2013;84(5):620–5.

97. Chan PS, Berg RA, Tang Y, Curtis LH, Spertus JA, American Heart Association's Get With the Guidelines–Resuscitation I. Association Between Therapeutic Hypothermia and Survival After In-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA* 2016;316(13):1375–82.

98. Nielsen N, Wetterslev J, Cronberg T, et al. Targeted temperature management at 33 degrees C versus 36 degrees C after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2013;369(23):2197–206.

99. Lopez-de-Sa E, Juarez M, Armada E, et al. A multicentre randomized pilot trial on the effectiveness of different levels of cooling in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest: the FROST-I trial. *Intensive Care Med* 2018;44(11):1807–15.

100. Ginsberg MDM, Belayev L. Biological and molecular mechanisms of hypothermic neuroprotection. In: Mayer SA, Sessler DI, eds. *Therapeutic hypothermia*. New York, NY: Marcel Dekker; 2005:85–140.

101. Liu L, Yenari MA. Therapeutic hypothermia: neuroprotective mechanisms. *Front Biosci*

2007;12:816–25.

102. Angelos MG, Menegazzi JJ, Callaway CW. Bench to bedside: resuscitation from prolonged ventricular fibrillation. *Acad Emerg Med* 2001;8(9):909–24.

103. van Zanten AR, Polderman KH. Early induction of hypothermia: will sooner be better? *Crit Care Med* 2005;33(6):1449–52.

104. Kim F, Olsufka M, Longstreth WT, Jr., et al. Pilot randomized clinical trial of prehospital induction of mild hypothermia in out-of-hospital cardiac arrest patients with a rapid infusion of 4 degrees C normal saline. *Circulation* 2007;115(24):3064–70.

105. Kamarainen A, Virkkunen I, Tenhunen J, Yli-Hankala A, Silfvast T. Prehospital therapeutic hypothermia for comatose survivors of cardiac arrest: a randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand* 2009;53(7):900–7.

106. Bernard SA, Smith K, Cameron P, et al. Induction of therapeutic hypothermia by paramedics after resuscitation from out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest: a randomized controlled trial. *Circulation* 2010;122(7):737–42.

107. Bernard SA, Smith K, Cameron P, et al. Induction of prehospital therapeutic hypothermia after resuscitation from nonventricular fibrillation cardiac arrest*. *Crit Care Med* 2012;40(3):747–53.

108. Kim F, Nichol G, Maynard C, et al. Effect of prehospital induction of mild hypothermia on survival and neurological status among adults with cardiac arrest: a randomized clinical trial. *JAMA* 2014;311(1):45–52.

109. Castren M, Nordberg P, Svensson L, et al. Intra-arrest transnasal evaporative cooling: a randomized, prehospital, multicenter study (PRINCE: Pre-ROSC IntraNasal Cooling Effectiveness). *Circulation* 2010;122(7):729–36.

110. Debaty G, Maignan M, Savary D, et al. Impact of intra-arrest therapeutic hypothermia in outcomes of prehospital cardiac arrest: a randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2014;40(12):1832–42.

111. Bernard SA, Smith K, Finn J, et al. Induction of Therapeutic Hypothermia During Out-of-Hospital Cardiac Arrest Using a Rapid Infusion of Cold Saline: The RINSE Trial (Rapid Infusion of Cold Normal Saline). *Circulation* 2016;134(11):797–805.
112. Nordberg P, Taccone FS, Truhlar A, et al. Effect of Trans-Nasal Evaporative Intra-arrest Cooling on Functional Neurologic Outcome in Out-of-Hospital Cardiac Arrest: The PRINCESS Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2019;321(17):1677–85.
113. Kirkegaard H, Soreide E, de Haas I, et al. Targeted Temperature Management for 48 vs 24 Hours and Neurologic Outcome After Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2017;318(4):341–50.
114. Geocadin RG, Koenig MA, Jia X, Stevens RD, Peberdy MA. Management of brain injury after resuscitation from cardiac arrest. *Neurol Clin* 2008;26(2):487–506, ix.
115. Shin J, Kim J, Song K, Kwak Y. Core temperature measurement in therapeutic hypothermia according to different phases: comparison of bladder, rectal, and tympanic versus pulmonary artery methods. *Resuscitation* 2013;84(6):810–7.
116. Oksanen T, Skrifvars MB, Varpula T, et al. Strict versus moderate glucose control after resuscitation from ventricular fibrillation. *Intensive Care Med* 2007;33(12):2093–100.
117. Sunde K, Pytte M, Jacobsen D, et al. Implementation of a standardised treatment protocol for post resuscitation care after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2007;73(1):29–39.
118. Marik PE, Preiser JC. Toward understanding tight glycemic control in the ICU: a systematic review and metaanalysis. *Chest* 2010;137(3):544–51.
119. Moghissi ES, Korytkowski MT, DiNardo M, et al. American Association of Clinical Endocrinologists and American Diabetes Association consensus statement on inpatient glycemic control. *Diabetes Care* 2009;32(6):1119–31.
120. Wiener RS, Wiener DC, Larson RJ. Benefits and risks of tight glucose control in critically ill adults: a meta-analysis. *JAMA* 2008;300(8):933–44.

121. Backman S, Westhall E, Dragancea I, et al. Electroencephalographic characteristics of status epilepticus after cardiac arrest. *Clin Neurophysiol* 2017;128(4):681–8.
122. Glauser T, Shinnar S, Gloss D, et al. Evidence–Based Guideline: Treatment of Convulsive Status Epilepticus in Children and Adults: Report of the Guideline Committee of the American Epilepsy Society. *Epilepsy Curr* 2016;16(1):48–61.
123. Beretta S, Coppo A, Bianchi E, et al. Neurologic outcome of postanoxic refractory status epilepticus after aggressive treatment. *Neurology* 2018;91(23):e2153–e62.
124. Crepeau AZ, Fugate JE, Mandrekar J, et al. Value analysis of continuous EEG in patients during therapeutic hypothermia after cardiac arrest. *Resuscitation* 2014;85(6):785–9.
125. Dragancea I, Backman S, Westhall E, Rundgren M, Friberg H, Cronberg T. Outcome following postanoxic status epilepticus in patients with targeted temperature management after cardiac arrest. *Epilepsy Behav* 2015;49:173–7.
126. Fatuzzo D, Beuchat I, Alvarez V, Novy J, Oddo M, Rossetti AO. Does continuous EEG influence prognosis in patients after cardiac arrest? *Resuscitation* 2018;132:29–32.
127. Hofmeijer J, Tjepkema–Cloostermans MC, Blans MJ, Beishuizen A, van Putten MJ. Unstandardized treatment of electroencephalographic status epilepticus does not improve outcome of comatose patients after cardiac arrest. *Front Neurol* 2014;5:39.
128. Ruijter BJ, van Putten MJ, Horn J, et al. Treatment of electroencephalographic status epilepticus after cardiopulmonary resuscitation (TELSTAR): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2014;15:433.
129. Kapur J, Elm J, Chamberlain JM, et al. Randomized Trial of Three Anticonvulsant Medications for Status Epilepticus. *N Engl J Med* 2019;381(22):2103–13.
130. Solanki P, Coppler PJ, Kvaloy JT, et al. Association of antiepileptic drugs with resolution of epileptiform activity after cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;142:82–90.
131. Seder DB, Sunde K, Rubertsson S, et al. Neurologic outcomes and postresuscitation care of

patients with myoclonus following cardiac arrest. *Crit Care Med* 2015;43(5):965–72.

132. Chamorro C, Borrallo JM, Romera MA, Silva JA, Balandin B. Anesthesia and analgesia protocol during therapeutic hypothermia after cardiac arrest: a systematic review. *Anesth Analg* 2010;110(5):1328–35.

133. Saliccioli JD, Cocchi MN, Rittenberger JC, et al. Continuous neuromuscular blockade is associated with decreased mortality in post-cardiac arrest patients. *Resuscitation* 2013;84(12):1728–33.

134. Francois B, Cariou A, Clere-Jehl R, et al. Prevention of Early Ventilator-Associated Pneumonia after Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2019;381(19):1831–42.

135. Ribaric SF, Turel M, Knafelj R, et al. Prophylactic versus clinically-driven antibiotics in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest—A randomized pilot study. *Resuscitation* 2017;111:103–9.

136. Tagami T, Matsui H, Kuno M, et al. Early antibiotics administration during targeted temperature management after out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide database study. *BMC Anesthesiol* 2016;16(1):89.

137. Davies KJ, Walters JH, Kerslake IM, Greenwood R, Thomas MJ. Early antibiotics improve survival following out-of hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(5):616–9.

138. Elmer J, Torres C, Aufderheide TP, et al. Association of early withdrawal of life-sustaining therapy for perceived neurological prognosis with mortality after cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;102:127–35.

139. May TL, Ruthazer R, Riker RR, et al. Early withdrawal of life support after resuscitation from cardiac arrest is common and may result in additional deaths. *Resuscitation* 2019;139:308–13.

140. Choi SP, Park KN, Wee JH, et al. Can somatosensory and visual evoked potentials predict neurological outcome during targeted temperature management in post cardiac arrest patients? *Resuscitation* 2017;119:70–5.

141. Chung–Esaki HM, Mui G, Mlynash M, Eyngorn I, Catabay K, Hirsch KG. The neuron specific enolase (NSE) ratio offers benefits over absolute value thresholds in post–cardiac arrest coma prognosis. *J Clin Neurosci* 2018;57:99–104.
142. Kim SH, Choi SP, Park KN, Youn CS, Oh SH, Choi SM. Early brain computed tomography findings are associated with outcome in patients treated with therapeutic hypothermia after out–of–hospital cardiac arrest. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013;21:57.
143. Ryoo SM, Jeon SB, Sohn CH, et al. Predicting Outcome With Diffusion–Weighted Imaging in Cardiac Arrest Patients Receiving Hypothermia Therapy: Multicenter Retrospective Cohort Study. *Crit Care Med* 2015;43(11):2370–7.
144. Javaudin F, Leclere B, Segard J, et al. Prognostic performance of early absence of pupillary light reaction after recovery of out of hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;127:8–13.
145. Sivaraju A, Gilmore EJ, Wira CR, et al. Prognostication of post–cardiac arrest coma: early clinical and electroencephalographic predictors of outcome. *Intensive Care Med* 2015;41(7):1264–72.
146. Scarpino M, Lolli F, Lanzo G, et al. Neurophysiology and neuroimaging accurately predict poor neurological outcome within 24 hours after cardiac arrest: The ProNeCA prospective multicentre prognostication study. *Resuscitation* 2019;143:115–23.
147. Dhakal LP, Sen A, Stanko CM, et al. Early Absent Pupillary Light Reflexes After Cardiac Arrest in Patients Treated with Therapeutic Hypothermia. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2016;6(3):116–21.
148. Matthews EA, Magid–Bernstein J, Sobczak E, et al. Prognostic Value of the Neurological Examination in Cardiac Arrest Patients After Therapeutic Hypothermia. *Neurohospitalist* 2018;8(2):66–73.
149. Oddo M, Sandroni C, Citerio G, et al. Quantitative versus standard pupillary light reflex for early prognostication in comatose cardiac arrest patients: an international prospective multicenter double–blinded study. *Intensive Care Med* 2018;44(12):2102–11.

150. Tsetsou S, Novy J, Pfeiffer C, Oddo M, Rossetti AO. Multimodal Outcome Prognostication After Cardiac Arrest and Targeted Temperature Management: Analysis at 36 degrees C. *Neurocrit Care* 2018;28(1):104–9.
151. Dragancea I, Horn J, Kuiper M, et al. Neurological prognostication after cardiac arrest and targeted temperature management 33 degrees C versus 36 degrees C: Results from a randomised controlled clinical trial. *Resuscitation* 2015;93:164–70.
152. Solari D, Rossetti AO, Carteron L, et al. Early prediction of coma recovery after cardiac arrest with blinded pupillometry. *Ann Neurol* 2017;81(6):804–10.
153. Rossetti AO, Tovar Quiroga DF, Juan E, et al. Electroencephalography Predicts Poor and Good Outcomes After Cardiac Arrest: A Two–Center Study. *Crit Care Med* 2017;45(7):e674–e82.
154. Hofmeijer J, Beernink TM, Bosch FH, Beishuizen A, Tjepkema–Cloostermans MC, van Putten MJ. Early EEG contributes to multimodal outcome prediction of postanoxic coma. *Neurology* 2015;85(2):137–43.
155. Kongpolprom N, Cholkraisuwat J. Neurological Prognostications for the Therapeutic Hypothermia among Comatose Survivors of Cardiac Arrest. *Indian J Crit Care Med* 2018;22(7):509–18.
156. Roger C, Palmier L, Louart B, et al. Neuron specific enolase and Glasgow motor score remain useful tools for assessing neurological prognosis after out–of–hospital cardiac arrest treated with therapeutic hypothermia. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2015;34(4):231–7.
157. Zhou SE, Maciel CB, Ormseth CH, Beekman R, Gilmore EJ, Greer DM. Distinct predictive values of current neuroprognostic guidelines in post–cardiac arrest patients. *Resuscitation* 2019;139:343–50.
158. Greer DM, Scripko PD, Wu O, et al. Hippocampal magnetic resonance imaging abnormalities in cardiac arrest are associated with poor outcome. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2013;22(7):899–905.
159. Ruijter BJ, van Putten MJ, Hofmeijer J. Generalized epileptiform discharges in postanoxic

- encephalopathy: Quantitative characterization in relation to outcome. *Epilepsia* 2015;56(11):1845–54.
160. Kim JH, Kim MJ, You JS, et al. Multimodal approach for neurologic prognostication of out-of-hospital cardiac arrest patients undergoing targeted temperature management. *Resuscitation* 2019;134:33–40.
161. Lee KS, Lee SE, Choi JY, et al. Useful Computed Tomography Score for Estimation of Early Neurologic Outcome in Post-Cardiac Arrest Patients With Therapeutic Hypothermia. *Circ J* 2017;81(11):1628–35.
162. Heimbürger D, Durand M, Gaide-Chevronnay L, et al. Quantitative pupillometry and transcranial Doppler measurements in patients treated with hypothermia after cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;103:88–93.
163. Obling L, Hassager C, Illum C, et al. Prognostic value of automated pupillometry: an unselected cohort from a cardiac intensive care unit. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2020;9(7):779–87.
164. Riker RR, Sawyer ME, Fischman VG, et al. Neurological Pupil Index and Pupillary Light Reflex by Pupillometry Predict Outcome Early After Cardiac Arrest. *Neurocrit Care* 2020;32(1):152–61.
165. Sadaka F, Doerr D, Hindia J, Lee KP, Logan W. Continuous Electroencephalogram in Comatose Postcardiac Arrest Syndrome Patients Treated With Therapeutic Hypothermia: Outcome Prediction Study. *J Intensive Care Med* 2015;30(5):292–6.
166. Dhakar MB, Sivaraju A, Maciel CB, et al. Electro-clinical characteristics and prognostic significance of post anoxic myoclonus. *Resuscitation* 2018;131:114–20.
167. Lybeck A, Friberg H, Aneman A, et al. Prognostic significance of clinical seizures after cardiac arrest and target temperature management. *Resuscitation* 2017;114:146–51.
168. Reynolds AS, Rohaut B, Holmes MG, et al. Early myoclonus following anoxic brain injury. *Neurol Clin Pract* 2018;8(3):249–56.
169. Ruknudeen MI, Ramadoss R, Rajajee V, Grzeskowiak LE, Rajagopalan RE. Early clinical prediction of neurological outcome following out of hospital cardiac arrest managed with therapeutic

hypothermia. *Indian J Crit Care Med* 2015;19(6):304–10.

170. Leao RN, Avila P, Cavaco R, Germano N, Bento L. Therapeutic hypothermia after cardiac arrest: outcome predictors. *Rev Bras Ter Intensiva* 2015;27(4):322–32.

171. Noirhomme Q, Lehembre R, Lugo Zdel R, et al. Automated analysis of background EEG and reactivity during therapeutic hypothermia in comatose patients after cardiac arrest. *Clin EEG Neurosci* 2014;45(1):6–13.

172. De Santis P, Lamanna I, Mavroudakos N, et al. The potential role of auditory evoked potentials to assess prognosis in comatose survivors from cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;120:119–24.

173. Ruijter BJ, Tjepkema–Cloostermans MC, Tromp SC, et al. Early electroencephalography for outcome prediction of postanoxic coma: A prospective cohort study. *Ann Neurol* 2019;86(2):203–14.

174. Grippo A, Carrai R, Scarpino M, et al. Neurophysiological prediction of neurological good and poor outcome in post–anoxic coma. *Acta Neurol Scand* 2017;135(6):641–8.

175. Sondag L, Ruijter BJ, Tjepkema–Cloostermans MC, et al. Early EEG for outcome prediction of postanoxic coma: prospective cohort study with cost–minimization analysis. *Crit Care* 2017;21(1):111.

176. Admiraal MM, van Rootselaar AF, Hofmeijer J, et al. Electroencephalographic reactivity as predictor of neurological outcome in postanoxic coma: A multicenter prospective cohort study. *Ann Neurol* 2019;86(1):17–27.

177. Scarpino M, Carrai R, Lolli F, et al. Neurophysiology for predicting good and poor neurological outcome at 12 and 72 h after cardiac arrest: The ProNeCA multicentre prospective study. *Resuscitation* 2020;147:95–103.

178. Kim SW, Oh JS, Park J, et al. Short–Latency Positive Peak Following N20 Somatosensory Evoked Potential Is Superior to N20 in Predicting Neurologic Outcome After Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *Crit Care Med* 2018;46(6):e545–e51.

179. Beuchat I, Novy J, Barbella G, Oddo M, Rossetti AO. EEG patterns associated with present cortical SSEP after cardiac arrest. *Acta Neurol Scand* 2020;142(2):181–5.

180. Glimmerveen AB, Keijzer HM, Ruijter BJ, Tjepkema–Cloostermans MC, van Putten M, Hofmeijer J. Relevance of Somatosensory Evoked Potential Amplitude After Cardiac Arrest. *Front Neurol* 2020;11:335.
181. Oh SH, Oh JS, Jung HH, et al. Prognostic Value of P25/30 Cortical Somatosensory Evoked Potential Amplitude After Cardiac Arrest. *Crit Care Med* 2020;48(9):1304–11.
182. Nakstad ER, Staer–Jensen H, Wimmer H, et al. Late awakening, prognostic factors and long–term outcome in out–of–hospital cardiac arrest – results of the prospective Norwegian Cardio–Respiratory Arrest Study (NORCAST). *Resuscitation* 2020;149:170–9.
183. Endisch C, Storm C, Ploner CJ, Leithner C. Amplitudes of SSEP and outcome in cardiac arrest survivors: A prospective cohort study. *Neurology* 2015;85(20):1752–60.
184. Oh SH, Park KN, Choi SP, et al. Beyond dichotomy: patterns and amplitudes of SSEPs and neurological outcomes after cardiac arrest. *Crit Care* 2019;23(1):224.
185. Lamartine Monteiro M, Taccone FS, Depondt C, et al. The Prognostic Value of 48–h Continuous EEG During Therapeutic Hypothermia After Cardiac Arrest. *Neurocrit Care* 2016;24(2):153–62.
186. Benarous L, Gavaret M, Soda Diop M, et al. Sources of interrater variability and prognostic value of standardized EEG features in post–anoxic coma after resuscitated cardiac arrest. *Clin Neurophysiol Pract* 2019;4:20–6.
187. Westhall E, Rossetti AO, van Rootselaar AF, et al. Standardized EEG interpretation accurately predicts prognosis after cardiac arrest. *Neurology* 2016;86(16):1482–90.
188. Amorim E, Rittenberger JC, Zheng JJ, et al. Continuous EEG monitoring enhances multimodal outcome prediction in hypoxic–ischemic brain injury. *Resuscitation* 2016;109:121–6.
189. Backman S, Cronberg T, Friberg H, et al. Highly malignant routine EEG predicts poor prognosis after cardiac arrest in the Target Temperature Management trial. *Resuscitation* 2018;131:24–8.
190. Barbella G, Novy J, Marques–Vidal P, Oddo M, Rossetti AO. Prognostic role of EEG identical

bursts in patients after cardiac arrest: Multimodal correlation. *Resuscitation* 2020;148:140–4.

191. Barth R, Zubler F, Weck A, et al. Topography of MR lesions correlates with standardized EEG pattern in early comatose survivors after cardiac arrest. *Resuscitation* 2020;149:217–24.

192. Beretta S, Coppo A, Bianchi E, et al. Neurological outcome of postanoxic refractory status epilepticus after aggressive treatment. *Epilepsy Behav* 2019;101(Pt B):106374.

193. Alvarez V, Reinsberger C, Scirica B, et al. Continuous electrodermal activity as a potential novel neurophysiological biomarker of prognosis after cardiac arrest—A pilot study. *Resuscitation* 2015;93:128–35.

194. Duez CHV, Johnsen B, Ebbesen MQ, et al. Post resuscitation prognostication by EEG in 24 vs 48h of targeted temperature management. *Resuscitation* 2019;135:145–52.

195. Liu G, Su Y, Liu Y, et al. Predicting Outcome in Comatose Patients: The Role of EEG Reactivity to Quantifiable Electrical Stimuli. *Evid Based Complement Alternat Med* 2016;2016:8273716.

196. Amorim E, van der Stoel M, Nagaraj SB, et al. Quantitative EEG reactivity and machine learning for prognostication in hypoxic–ischemic brain injury. *Clin Neurophysiol* 2019;130(10):1908–16.

197. Benghanem S, Paul M, Charpentier J, et al. Value of EEG reactivity for prediction of neurologic outcome after cardiac arrest: Insights from the Parisian registry. *Resuscitation* 2019;142:168–74.

198. Beuchat I, Sivaraju A, Amorim E, et al. MRI–EEG correlation for outcome prediction in postanoxic myoclonus: A multicenter study. *Neurology* 2020;95(4):e335–e41.

199. Oh SH, Park KN, Kim YM, et al. The prognostic value of continuous amplitude–integrated electroencephalogram applied immediately after return of spontaneous circulation in therapeutic hypothermia–treated cardiac arrest patients. *Resuscitation* 2013;84(2):200–5.

200. Oh SH, Park KN, Shon YM, et al. Continuous Amplitude–Integrated Electroencephalographic Monitoring Is a Useful Prognostic Tool for Hypothermia–Treated Cardiac Arrest Patients. *Circulation*

2015;132(12):1094–103.

201. Ihara S, Sakurai A, Kinoshita K, Yamaguchi J, Sugita A. Amplitude–Integrated Electroencephalography and Brain Oxygenation for Postcardiac Arrest Patients with Targeted Temperature Management. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2019;9(3):209–15.

202. Lee BK, Jeung KW, Lee HY, Jung YH, Lee DH. Combining brain computed tomography and serum neuron specific enolase improves the prognostic performance compared to either alone in comatose cardiac arrest survivors treated with therapeutic hypothermia. *Resuscitation* 2013;84(10):1387–92.

203. Moseby–Knappe M, Pellis T, Dragancea I, et al. Head computed tomography for prognostication of poor outcome in comatose patients after cardiac arrest and targeted temperature management. *Resuscitation* 2017;119:89–94.

204. Stammet P, Collignon O, Hassager C, et al. Neuron–Specific Enolase as a Predictor of Death or Poor Neurological Outcome After Out–of–Hospital Cardiac Arrest and Targeted Temperature Management at 33 degrees C and 36 degrees C. *J Am Coll Cardiol* 2015;65(19):2104–14.

205. Vondrakova D, Kruger A, Janotka M, et al. Association of neuron–specific enolase values with outcomes in cardiac arrest survivors is dependent on the time of sample collection. *Crit Care* 2017;21(1):172.

206. Zellner T, Gartner R, Schopohl J, Angstwurm M. NSE and S–100B are not sufficiently predictive of neurologic outcome after therapeutic hypothermia for cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(10):1382–6.

207. Duez CHV, Grejs AM, Jeppesen AN, et al. Neuron–specific enolase and S–100b in prolonged targeted temperature management after cardiac arrest: A randomised study. *Resuscitation* 2018;122:79–86.

208. Jang JH, Park WB, Lim YS, et al. Combination of S100B and procalcitonin improves prognostic performance compared to either alone in patients with cardiac arrest: A prospective observational

study. *Medicine (Baltimore)* 2019;98(6):e14496.

209. Stammet P, Dankiewicz J, Nielsen N, et al. Protein S100 as outcome predictor after out-of-hospital cardiac arrest and targeted temperature management at 33 degrees C and 36 degrees C. *Crit Care* 2017;21(1):153.

210. Helwig K, Seeger F, Holschermann H, et al. Elevated Serum Glial Fibrillary Acidic Protein (GFAP) is Associated with Poor Functional Outcome After Cardiopulmonary Resuscitation. *Neurocrit Care* 2017;27(1):68–74.

211. Mattsson N, Zetterberg H, Nielsen N, et al. Serum tau and neurological outcome in cardiac arrest. *Ann Neurol* 2017;82(5):665–75.

212. Moseby-Knappe M, Mattsson N, Nielsen N, et al. Serum Neurofilament Light Chain for Prognosis of Outcome After Cardiac Arrest. *JAMA Neurol* 2019;76(1):64–71.

213. Rana OR, Schroder JW, Baukloh JK, et al. Neurofilament light chain as an early and sensitive predictor of long-term neurological outcome in patients after cardiac arrest. *Int J Cardiol* 2013;168(2):1322–7.

214. Hwan Kim Y, Ho Lee J, Kun Hong C, et al. Feasibility of optic nerve sheath diameter measured on initial brain computed tomography as an early neurologic outcome predictor after cardiac arrest. *Acad Emerg Med* 2014;21(10):1121–8.

215. Jeon CH, Park JS, Lee JH, et al. Comparison of brain computed tomography and diffusion-weighted magnetic resonance imaging to predict early neurologic outcome before target temperature management comatose cardiac arrest survivors. *Resuscitation* 2017;118:21–6.

216. Lee DH, Lee BK, Jeung KW, et al. Relationship between ventricular characteristics on brain computed tomography and 6-month neurologic outcome in cardiac arrest survivors who underwent targeted temperature management. *Resuscitation* 2018;129:37–42.

217. Scarpino M, Lanzo G, Lolli F, et al. Neurophysiological and neuroradiological multimodal approach for early poor outcome prediction after cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;129:114–20.

218. Scarpino M, Lolli F, Lanzo G, et al. Neurophysiological and neuroradiological test for early poor outcome (Cerebral Performance Categories 3–5) prediction after cardiac arrest: Prospective multicentre prognostication data. *Data Brief* 2019;27:104755.
219. Wang GN, Chen XF, Lv JR, Sun NN, Xu XQ, Zhang JS. The prognostic value of gray–white matter ratio on brain computed tomography in adult comatose cardiac arrest survivors. *J Chin Med Assoc* 2018;81(7):599–604.
220. Youn CS, Callaway CW, Rittenberger JC, Post Cardiac Arrest S. Combination of initial neurologic examination, quantitative brain imaging and electroencephalography to predict outcome after cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;110:120–5.
221. Hirsch KG, Fischbein N, Mlynash M, et al. Prognostic value of diffusion–weighted MRI for post–cardiac arrest coma. *Neurology* 2020;94(16):e1684–e92.
222. Kim J, Kim K, Hong S, et al. Low apparent diffusion coefficient cluster–based analysis of diffusion–weighted MRI for prognostication of out–of–hospital cardiac arrest survivors. *Resuscitation* 2013;84(10):1393–9.
223. Moon HK, Jang J, Park KN, et al. Quantitative analysis of relative volume of low apparent diffusion coefficient value can predict neurologic outcome after cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;126:36–42.
224. Del Rio F, Andres A, Padilla M, et al. Kidney transplantation from donors after uncontrolled circulatory death: the Spanish experience. *Kidney Int* 2019;95(2):420–8.
225. Chen G, Wang C, Chen L, Qiu J, Wang C. Comparison of Outcomes of Kidney Transplantation from DBD, DCD or DBCD Donors: A Single Center Experience from China. *Am J Transplant* 2016;16(Suppl 3):C192.
226. Hoyer D PA, Gallinat A, et al. Livers Donated After Cardiac Arrest and Successful Resuscitation: To Use or Not to Use? *Transplantation* 2014;98:11.
227. Pan X, Apinyachon W, Xia W, et al. Perioperative complications in liver transplantation using

donation after cardiac death grafts: a propensity-matched study. *Liver Transpl* 2014;20(7):823-30.

228. Messner F, Yu Y, Etra JW, et al. Donor cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation: impact on outcomes after simultaneous pancreas-kidney transplantation - a retrospective study. *Transpl Int* 2020;33(6):657-66.

229. Messner F, Etra JW, Yu Y, et al. Outcomes of simultaneous pancreas and kidney transplantation based on donor resuscitation. *Am J Transplant* 2020;20(6):1720-8.

230. Clemmensen TS, Logstrup BB, Eiskjaer H, Hoyer S, Poulsen SH. The long-term influence of repetitive cellular cardiac rejections on left ventricular longitudinal myocardial deformation in heart transplant recipients. *Transpl Int* 2015;28(4):475-84.

231. Galeone A, Varnous S, Lebreton G, et al. Impact of cardiac arrest resuscitated donors on heart transplant recipients' outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;153(3):622-30.

232. Ruttens D, Martens A, Ordies S, et al. Short- and Long-term Outcomes After Lung Transplantation From Circulatory-Dead Donors: A Single-Center Experience. *Transplantation* 2017;101(11):2691-4.

233. Ventura-Aguilar P, Ferrer J, Paredes D, et al. Outcomes From Brain Death Donors With Previous Cardiac Arrest Accepted for Pancreas Transplantation: A Single-center Retrospective Analysis. *Ann Surg* 2019. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003218>.

234. McCulloch MA, Zuckerman WA, Moller T, et al. Effects of donor cause of death, ischemia time, inotrope exposure, troponin values, cardiopulmonary resuscitation, electrocardiographic and echocardiographic data on recipient outcomes: A review of the literature. *Pediatr Transplant* 2020;24(3):e13676.

235. National Law Information Center (KR). INTERNAL ORGANS, ETC. TRANSPLANT ACT, Article 17 (Reporting on Suspected Brain-Dead Patients and Requesting on Determinations of Brain Death). National Law Information Center (KR), 11 December 2018. (<https://www.law.go.kr/engLsSc.do?menuId=1&subMenuId=21&tabMenuId=117&query=%EC%9E%A5>

%EA%B8%B0%EB%93%B1#)

236. Sawyer KN, Camp–Rogers TR, Kotini–Shah P, et al. Sudden Cardiac Arrest Survivorship: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(12):e654–e85.
237. Wilder Schaaf KP, Artman LK, Peberdy MA, et al. Anxiety, depression, and PTSD following cardiac arrest: a systematic review of the literature. *Resuscitation* 2013;84(7):873–7.
238. Presciutti A, Verma J, Pavol M, et al. Posttraumatic stress and depressive symptoms characterize cardiac arrest survivors' perceived recovery at hospital discharge. *Gen Hosp Psychiatry* 2018;53:108–13.
239. Lilja G, Nilsson G, Nielsen N, et al. Anxiety and depression among out–of–hospital cardiac arrest survivors. *Resuscitation* 2015;97:68–75.
240. Doolittle ND, Sauve MJ. Impact of aborted sudden cardiac death on survivors and their spouses: the phenomenon of different reference points. *Am J Crit Care* 1995;4(5):389–96.
241. Larsson IM, Wallin E, Rubertsson S, Kristoferzon ML. Relatives' experiences during the next of kin's hospital stay after surviving cardiac arrest and therapeutic hypothermia. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2013;12(4):353–9.
242. Lof S, Sandstrom A, Engstrom A. Patients treated with therapeutic hypothermia after cardiac arrest: relatives' experiences. *J Adv Nurs* 2010;66(8):1760–8.
243. Wallin E, Larsson IM, Rubertsson S, Kristoferzon ML. Relatives' experiences of everyday life six months after hypothermia treatment of a significant other's cardiac arrest. *J Clin Nurs* 2013;22(11–12):1639–46.
244. Weslien M, Nilstun T, Lundqvist A, Fridlund B. When the unreal becomes real: family members' experiences of cardiac arrest. *Nurs Crit Care* 2005;10(1):15–22.
245. Lilja G, Nielsen N, Bro–Jeppesen J, et al. Return to Work and Participation in Society After Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2018;11(1):e003566.
246. Kearney J, Dyson K, Andrew E, Bernard S, Smith K. Factors associated with return to work

among survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2020;146:203–12.

247. Verberne D, Moulaert V, Verbunt J, van Heugten C. Factors predicting quality of life and societal participation after survival of a cardiac arrest: A prognostic longitudinal cohort study. *Resuscitation* 2018;123:51–7.

248. Moulaert VR, Verbunt JA, van Heugten CM, Wade DT. Cognitive impairments in survivors of out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2009;80(3):297–305.

249. Buanes EA, Gramstad A, Sovig KK, et al. Cognitive function and health-related quality of life four years after cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;89:13–8.

250. Lilja G, Nielsen N, Friberg H, et al. Cognitive function in survivors of out-of-hospital cardiac arrest after target temperature management at 33 degrees C versus 36 degrees C. *Circulation* 2015;131(15):1340–9.

251. Mateen FJ, Josephs KA, Trenerry MR, et al. Long-term cognitive outcomes following out-of-hospital cardiac arrest: a population-based study. *Neurology* 2011;77(15):1438–45.

252. Steinbusch CVM, van Heugten CM, Rasquin SMC, Verbunt JA, Moulaert VRM. Cognitive impairments and subjective cognitive complaints after survival of cardiac arrest: A prospective longitudinal cohort study. *Resuscitation* 2017;120:132–7.

253. Tiainen M, Poutiainen E, Oksanen T, et al. Functional outcome, cognition and quality of life after out-of-hospital cardiac arrest and therapeutic hypothermia: data from a randomized controlled trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015;23:12.

254. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet* 2009;373(9678):1874–82.

255. Brummel NE, Girard TD, Ely EW, et al. Feasibility and safety of early combined cognitive and physical therapy for critically ill medical and surgical patients: the Activity and Cognitive Therapy in ICU (ACT-ICU) trial. *Intensive Care Med* 2014;40(3):370–9.

256. Adiguzel E, Yasar E, Kesikburun S, et al. Are rehabilitation outcomes after severe anoxic brain injury different from severe traumatic brain injury? A matched case–control study. *Int J Rehabil Res* 2018;41(1):47–51.
257. Shah MK, Carayannopoulos AG, Burke DT, Al–Adawi S. A comparison of functional outcomes in hypoxia and traumatic brain injury: a pilot study. *J Neurol Sci* 2007;260(1–2):95–9.
258. Fertl E, Vass K, Sterz F, Gabriel H, Auff E. Neurological rehabilitation of severely disabled cardiac arrest survivors. Part I. Course of post–acute inpatient treatment. *Resuscitation* 2000;47(3):231–9.
259. Cicerone KD, Goldin Y, Ganci K, et al. Evidence–Based Cognitive Rehabilitation: Systematic Review of the Literature From 2009 Through 2014. *Arch Phys Med Rehabil* 2019;100(8):1515–33.
260. Kim DY, Kim YH, Lee J, et al. Clinical practice guideline for stroke rehabilitation in Korea 2016. *Brain Neurorehabil* 2017;10(Suppl 1):e11.
261. Lundgren–Nilsson A, Rosen H, Hofgren C, Sunnerhagen KS. The first year after successful cardiac resuscitation: function, activity, participation and quality of life. *Resuscitation* 2005;66(3):285–9.
262. Middelkamp W, Moulaert VR, Verbunt JA, van Heugten CM, Bakx WG, Wade DT. Life after survival: long–term daily life functioning and quality of life of patients with hypoxic brain injury as a result of a cardiac arrest. *Clin Rehabil* 2007;21(5):425–31.
263. Kragholm K, Wissenberg M, Mortensen RN, et al. Return to Work in Out–of–Hospital Cardiac Arrest Survivors: A Nationwide Register–Based Follow–Up Study. *Circulation* 2015;131(19):1682–90.
264. Moulaert VR, van Haastregt JC, Wade DT, van Heugten CM, Verbunt JA. 'Stand still ..., and move on', an early neurologically–focused follow–up for cardiac arrest survivors and their caregivers: a process evaluation. *BMC Health Serv Res* 2014;14:34.
265. Israelsson J, Lilja G, Bremer A, Stevenson–Agren J, Arestedt K. Post cardiac arrest care and

follow-up in Sweden – a national web-survey. *BMC Nurs* 2016;15:1.

266. Sawyer KN, Brown F, Christensen R, Damino C, Newman MM, Kurz MC. Surviving Sudden Cardiac Arrest: A Pilot Qualitative Survey Study of Survivors. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2016;6(2):76–84.

267. Moulaert VR, van Heugten CM, Winkens B, et al. Early neurologically-focused follow-up after cardiac arrest improves quality of life at one year: A randomised controlled trial. *Int J Cardiol* 2015;193:8–16.

268. Moulaert VR, Goossens M, Heijnders IL, Verbunt JA, Heugten CM. Early neurologically focused follow-up after cardiac arrest is cost-effective: A trial-based economic evaluation. *Resuscitation* 2016;106:30–6.

269. Cowan MJ, Pike KC, Budzynski HK. Psychosocial nursing therapy following sudden cardiac arrest: impact on two-year survival. *Nurs Res* 2001;50(2):68–76.

270. Dougherty CM, Thompson EA, Lewis FM. Long-term outcomes of a telephone intervention after an ICD. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005;28(11):1157–67.

271. Mion M, Al-Janabi F, Islam S, et al. Care After REsuscitation: Implementation of the United Kingdom's First Dedicated Multidisciplinary Follow-Up Program for Survivors of Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2020;10(1):53–9.

272. Andrew E, Nehme Z, Wolfe R, Bernard S, Smith K. Long-term survival following out-of-hospital cardiac arrest. *Heart* 2017;103(14):1104–10.

273. Cournoyer A, Notebaert E, de Montigny L, et al. Impact of the direct transfer to percutaneous coronary intervention-capable hospitals on survival to hospital discharge for patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;125:28–33.

274. Elmer J, Rittenberger JC, Coppler PJ, et al. Long-term survival benefit from treatment at a specialty center after cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;108:48–53.

275. Elmer J, Callaway CW, Chang CH, et al. Long-Term Outcomes of Out-of-Hospital Cardiac

Arrest Care at Regionalized Centers. *Ann Emerg Med* 2019;73(1):29–39.

276. Harnod D MM, Chang WH, Chang RE, Chang CH. . Mortality factors in out-of-hospital cardiac arrest patients: a nationwide population-based study in Taiwan. *Int J Gerontol* 2013;7:216–20.

277. Kragholm K, Malta Hansen C, Dupre ME, et al. Direct Transport to a Percutaneous Cardiac Intervention Center and Outcomes in Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2017;10(6):e003414.

278. Lai CY, Lin FH, Chu H, et al. Survival factors of hospitalized out-of-hospital cardiac arrest patients in Taiwan: A retrospective study. *PLoS One* 2018;13(2):e0191954.

279. Lick CJ, Aufderheide TP, Niskanen RA, et al. Take Heart America: A comprehensive, community-wide, systems-based approach to the treatment of cardiac arrest. *Crit Care Med* 2011;39(1):26–33.

280. Matsuyama T, Kiyohara K, Kitamura T, et al. Hospital characteristics and favourable neurological outcome among patients with out-of-hospital cardiac arrest in Osaka, Japan. *Resuscitation* 2017;110:146–53.

281. McKenzie N, Williams TA, Ho KM, et al. Direct transport to a PCI-capable hospital is associated with improved survival after adult out-of-hospital cardiac arrest of medical aetiology. *Resuscitation* 2018;128:76–82.

282. Mumma BE, Diercks DB, Wilson MD, Holmes JF. Association between treatment at an ST-segment elevation myocardial infarction center and neurologic recovery after out-of-hospital cardiac arrest. *Am Heart J* 2015;170(3):516–23.

283. Soholm H, Wachtell K, Nielsen SL, et al. Tertiary centres have improved survival compared to other hospitals in the Copenhagen area after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84(2):162–7.

284. Soholm H, Kjaergaard J, Bro-Jeppesen J, et al. Prognostic Implications of Level-of-Care at Tertiary Heart Centers Compared With Other Hospitals After Resuscitation From Out-of-Hospital

Cardiac Arrest. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2015;8(3):268–76.

285. Spaite DW, Bobrow BJ, Stolz U, et al. Statewide regionalization of postarrest care for out-of-hospital cardiac arrest: association with survival and neurologic outcome. *Ann Emerg Med* 2014;64(5):496–506 e1.

286. Stub D, Smith K, Bray JE, Bernard S, Duffy SJ, Kaye DM. Hospital characteristics are associated with patient outcomes following out-of-hospital cardiac arrest. *Heart* 2011;97(18):1489–94.

287. Tagami T, Hirata K, Takeshige T, et al. Implementation of the fifth link of the chain of survival concept for out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2012;126(5):589–97.

288. Tranberg T, Lippert FK, Christensen EF, et al. Distance to invasive heart centre, performance of acute coronary angiography, and angioplasty and associated outcome in out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide study. *Eur Heart J* 2017;38(21):1645–52.

289. Yeung J, Matsuyama T, Bray J, Reynolds J, Skrifvars MB. Does care at a cardiac arrest centre improve outcome after out-of-hospital cardiac arrest? – A systematic review. *Resuscitation* 2019;137:102–15.

290. Finn JC, Bhanji F, Lockey A, et al. Part 8: Education, implementation, and teams: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2015;95:e203–24.

291. Lee SH, Kim HK, Jeong MH, et al. Pre-hospital delay and emergency medical services in acute myocardial infarction. *Korean J Intern Med* 2020;35(1):119–32.

제 6장

소아 기본소생술

박준동¹, 강은경², 김도균³, 김진태⁴, 나재윤⁵, 박보배⁶, 염석란⁷, 오주석⁸, 이지숙⁹, 장원경¹⁰, 정수인¹¹, 정진희³, 최유현¹, 최재연¹², 차경철¹³, 김영민¹⁴, 김한석¹, 이미진¹⁵, 나상훈¹⁶, 조규종¹⁷, 김애란¹⁸, 정성필¹⁹, 황성오¹³, 2020년 심폐소생술 가이드라인 소아소생술 위원회

서울대학교 의과대학 소아과학교실¹, 동국대학교 의과대학 소아과학교실², 서울대학교 의과대학 응급의학교실³, 서울대학교 의과대학 마취통증의학교실⁴, 한양대학교 의과대학 소아과학교실⁵, 서울대학교병원 간호부문⁶, 부산대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실⁸, 아주대학교 의과대학 응급의학교실⁹, 울산대학교 의과대학 소아과학교실¹⁰, 아주대학교 의과대학 소아과학교실¹¹, 가천대학교 의과대학 응급의학교실¹², 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹³, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실¹⁴, 경북대학교 의과대학 응급의학교실¹⁵, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁶, 한림대학교 의과대학 응급의학교실¹⁷, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실¹⁸, 연세대학교 의과대학 응급의학교실¹⁹

I.

2020년 소아 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 소아 기본소생술 순서

2020년 소아 기본소생술 가이드라인은 소아 기본소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학 적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 소아 기본소생술 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다.¹ 임상적 중 요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하 였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 하였다.

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐 구분되었다(표 2 참조).² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행 에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를

토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).^{2,3} 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험보다 매우 큰 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만, 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III(harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 소아 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항

2020년 소아 기본소생술 가이드라인 중 2015년 가이드라인과 비교하여 변경된 내용은 다음과 같다.

1) 기관내삽관 또는 성문상 기도기 삽입과 백마스크 환기법

- 병원밖 소아 심장정지에서 기관내삽관 또는 성문상 기도기 삽입보다는 백마스크 환기법의 사용을 권한다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).
- 병원내 소아 심장정지에서 기관내삽관 또는 성문상 기도기 삽입과 백마스크 환기법의 적용에는 현재까지 비교할 만한 근거가 없다.

2) 전화 도움 심폐소생술

- 병원밖 소아 심장정지에서 구급상황상담요원의 도움을 받아 전화 도움 심폐소생술을 제공하는 것

을 권고한다(권고 등급 I, 근거수준 C-LD).

- 병원밖 소아 심장정지에서 목격자 심폐소생술을 하고 있지 않으면 구급상황상담요원의 도움을 받아 전화 도움 심폐소생술을 제공하는 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거수준 C-LD).
- 소아 심장정지 환자에게 목격자가 이미 심폐소생술을 시행하고 있는 경우 전화 도움 심폐소생술을 제공하는 것에 대하여 현재까지의 근거로는 권고안을 정할 수 없다(권고 등급 없음, 근거수준 C-LD).

3) 가슴압박소생술

- 병원밖 영아와 소아 심장정지에서 구조자는 인공호흡을 포함한 표준 심폐소생술을 시행해야 한다(권고 등급 I, 근거수준 B-NR).
- 병원밖 영아와 소아 심장정지에서 구조자가 인공호흡을 할 수 없는 경우나 인공호흡 교육을 받지 않았으면 가슴압박소생술이라도 반드시 시행해야 한다(권고 등급 I, 근거수준 B-NR).

4) 호기말 이산화탄소 분압 근거 가슴압박

- 소아의 심장정지에서 반드시 호기말 이산화탄소 분압을 측정하여 가슴압박의 방법을 조정할 필요는 없다. 다만 호기말 이산화탄소 분압을 측정할 수 있는 상황에서는 사용하는 것이 도움이 될 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

3. 소아 기본소생술 순서

1) 소아 심장정지에서의 생존사슬

소아 심장정지에서 기본소생술은 자발순환의 회복 및 생존율에 가장 큰 영향을 주며 그 시작은 생존사슬의 첫 단계인 심장정지의 예방에 있다. 심장정지의 생존사슬은 심장정지의 인지 및 구조요청으로 시작하지만, 이에 앞서 심장정지의 예방은 병원 밖에서의 손상 예방과 안전을 위한 여러 제도적 장치부터 출발하고 병원 내에서는 조기경보체계 등을 활용하여 심장정지 상태가 되지 않도록 하는 노력이 중요하다. 생존사슬의 다섯 가지 요소 중 첫 세 가지 과정이 기본소생술에 해당한다(그림 34). 성인과 같이 소아에게도 일반인에 의한 신속하고 효과적인 심폐소생술은 성공적인 자발순환회복과 신경학적 회복에 도움이 된다. 소아는 나이와 심장정지의 원인에 따라 생존율의 편차가 크며 나이가 증가하면서 생존율은 높아지며 병원내 소아 심장정지의 경우 높게는 40% 이상의 생존퇴원율을 보인다.⁴



그림 34. 소아 병원밖 심장정지 생존사슬

* 심장정지 인지와 구조요청-목격자 심폐소생술-제세동-소아 전문소생술-소생후 치료

(1) 소아 심장정지에서 예방의 중요성

심장정지는 발생을 예측하기 어렵고 다양한 장소에서 발생할 수 있으므로 심장정지로 인한 전체적인 사망을 줄이려면, 심장정지의 예방, 치료, 재활과 연관된 의료적 요소와 더불어 심장정지에 대한 인식, 심폐소생술 교육 등의 비의료적 요소가 심장정지의 생존과 연관되어 있다는 것을 인식해야 한다. 심장정지가 일단 발생한 이후에는 효과적인 소생술을 하더라도 생존율이 낮으므로 심장정지로 인한 사망을 줄이는 중요한 수단은 예방이다.

영아 심장정지의 주원인은 호흡부전, 영아돌연사증후군 등이지만, 1세가 넘는 소아 심장정지의 가장 흔한 원인은 외상이다. 이런 이유로 성인과 달리 환경에 대한 적절한 관리 및 생활습관의 변경으로 소아의 심장정지의 상당 부분은 예방할 수 있다. 영아돌연사증후군의 경우 아이를 엎어 채우지 않고, 폭신한 바닥에 눕히지 않는 것, 보호자의 금연 등을 통해 예방할 수 있다. 대표적 손상인 교통사고는 안전띠 착용, 소아용 자동차 안전 시트 장착 등을 통해 치명적 손상을 예방할 수 있다. 자동차 안전 시트는 나이에 따라 차이가 있다. 9kg 미만인 1세 미만의 영아를 위한 시트는 후면을 향하는 아기용 안전 시트를 사용해야 하고, 1~4세의 소아를 위해서는 소아용 안전 시트를 설치해야 하며, 4~7세 소아에게는 안전띠를 착용할 수 있는 보조 의자가 필요하다. 12세 미만의 소아가 앞좌석에 앉는 경우 에어백과 관련된 치명상이 발생할 수 있고 잘못된 안전띠 착용으로 인한 위험성도 증가한다. 익사는 5세 미만 소아에게 발생하는 불의의 사망 원인 중 두 번째로 높은 빈도를 차지하며, 청소년 나이에서는 세 번째로 높은 빈도의 사망 원인이다.⁵⁾ 대부분 소아는 보호자가 돌보지 않는 사이에 수영장에 빠져서 익사한다. 청소년들은 호수나 강에 빠지는 경우가 많다. 수영할 때 반드시 구명 장비를 입도록 하여 익사를 예방할 수 있다. 최근 국내 사망원인통계에 따르면 1~9세 사망 원인 중 세 번째는 가해에 의한 타살이다. 아동학대에 관한 관심과 적극적인 신고로 예방을 위해 노력해야 한다. 10세 이후 청소년의 첫 번째 사망 원인은 고의적 자해(자살)이다. 청소년을 대상으로 한 정서적 지지와 자살 위험에 대한

적극적인 중재를 통한 예방이 가능하다.⁶

(2) 심장정지 인지, 구조 요청 및 목격자 심폐소생술

소아에게는 질식성 심장정지가 더 흔하므로 심장정지를 인지한 경우 신속한 구조 요청 못지않게 신속한 심폐소생술이 중요하다. 휴대전화 보급률이 높은 우리나라의 현실을 고려하여 성인의 기본소생술과 마찬가지로 소아의 경우에도 심장정지 의심환자를 발견한 즉시 신고를 하도록 한다. 병원밖 소아 심장정지에 관한 국내 연구에서 심장정지 발생 이후 심폐소생술의 시작이 빠를수록 자발순환회복이 높게 나타나고 있음을 보여주고 있고 현장에서의 신속하고 효과적인 일반인 심폐소생술이 병원밖 소아 심장정지에서의 자발순환회복률을 높이고 생존 퇴원하는 때에도 신경학적 결과가 더 양호하다.

2) 일반인을 위한 소아 기본소생술

소아와 성인의 심장정지 원인은 차이가 있으며 체구가 다르므로 심폐소생술 방법에도 약간의 차이가 있다. 그러나 한 가지 특징만으로는 소아와 성인을 구분하기 어렵고, 심폐소생술 방법을 다르게 적용해야 하는 나이를 결정하기 위한 과학적 근거가 부족하다. 이 가이드라인에서 나이의 구분은 심장정지 현장에서의 적용 가능성과 교육의 수월성을 고려하여 정하였다. 소아의 체구가 커서 성인과의 구분이 어려울 때는 구조자의 판단에 따라 소아 또는 성인 심폐소생술을 적용하면 된다. 비록 구조자가 심장정지 환자의 나이를 잘못 판단하였더라도 환자에게 중대한 위해를 초래하지는 않는다.

심폐소생술에서 나이의 정의는 다음과 같다.

- 신생아: 출산한 때로부터 4주까지

- 영아: 만 1세 미만의 아기
- 소아: 만 1세부터 만 8세 미만까지
- 성인: 만 8세부터

일반인이나 의료제공자 구분 없이 소아에 대한 기본소생술은 영아와 만 8세 미만의 소아에 적용한다. 소아 기본소생술 순서는 (그림 35)과 같다(표 4). 사스(Severe acute respiratory syndrome, SARS), 코로나19와 같이 전염성 질환의 전파 위험성이 있는 경우 그림 36과 같이 표준 심폐소생술이 아닌 가슴압박소생술을 시행한다. 감염의 위험성이 있는 영아 또는 소아에게 심폐소생술을 마친 후 구조자는 감염관리수칙에 따라 가능한 한 빨리 비누와 물로 손을 깨끗이 씻거나 알코올 기반의 손 소독제로 손을 소독하여야 하며 옷을 갈아입을 것을 권장한다. 또한, 지역 보건당국에 연락하여 코로나19 검사와 자가격리 여부 등을 확인한다.

영아와 소아에게는 심장에서 기인한 심장정지보다 질식성 심장정지가 훨씬 흔하므로 소아 소생술에서는 인공호흡이 매우 중요하다. 그러나 교육과 훈련의 단일화 및 기존 2015년 심폐소생술 가이드라인의 연속을 위해 영아와 소아 심장정지 환자에 대한 심폐소생술의 순서는 성인과 마찬가지로 가슴압박을 먼저하고 인공호흡을 한다.⁷⁻⁹

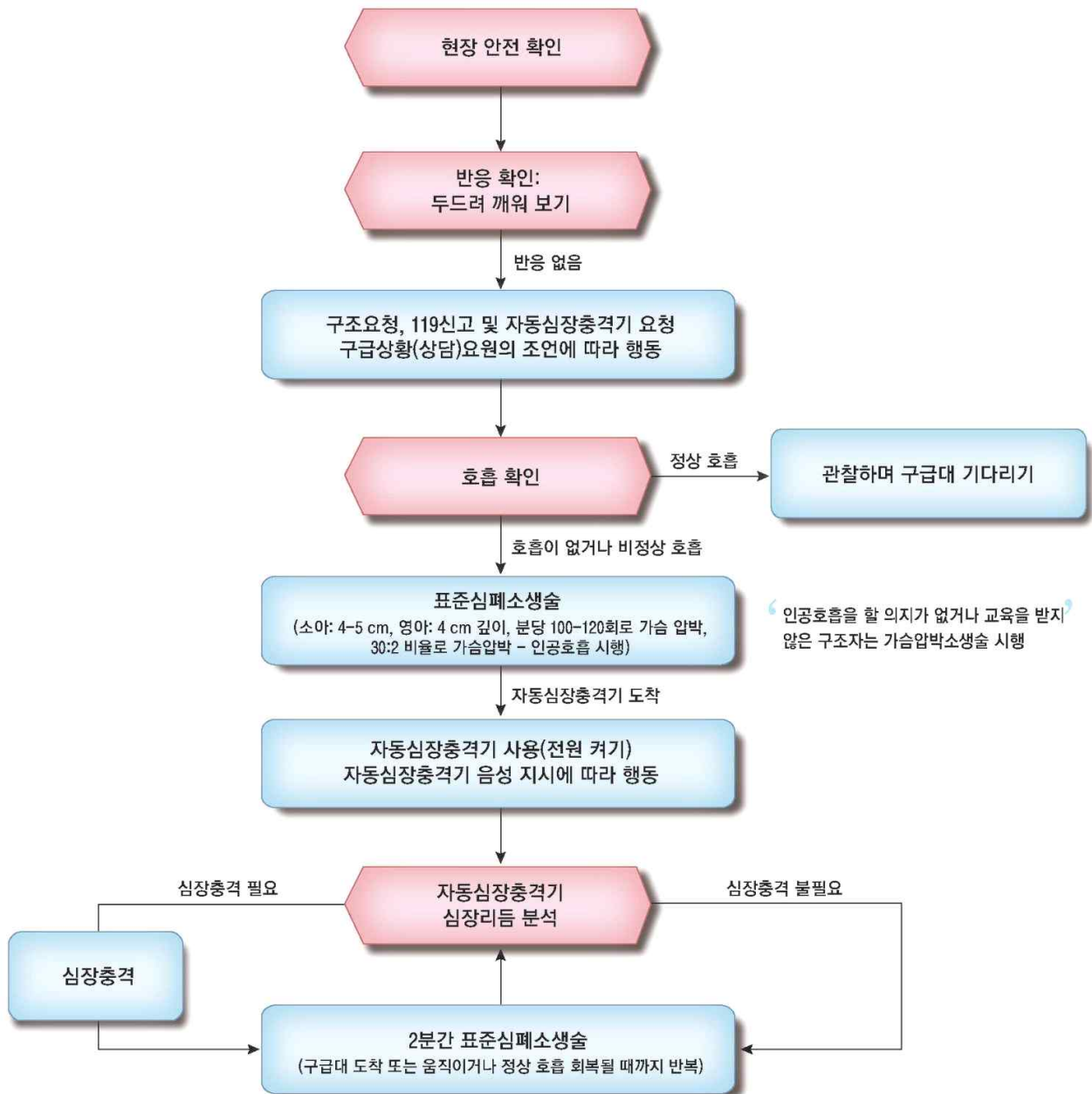


그림 35. 일반인 구조자에 의한 소아 기본소생술 순서

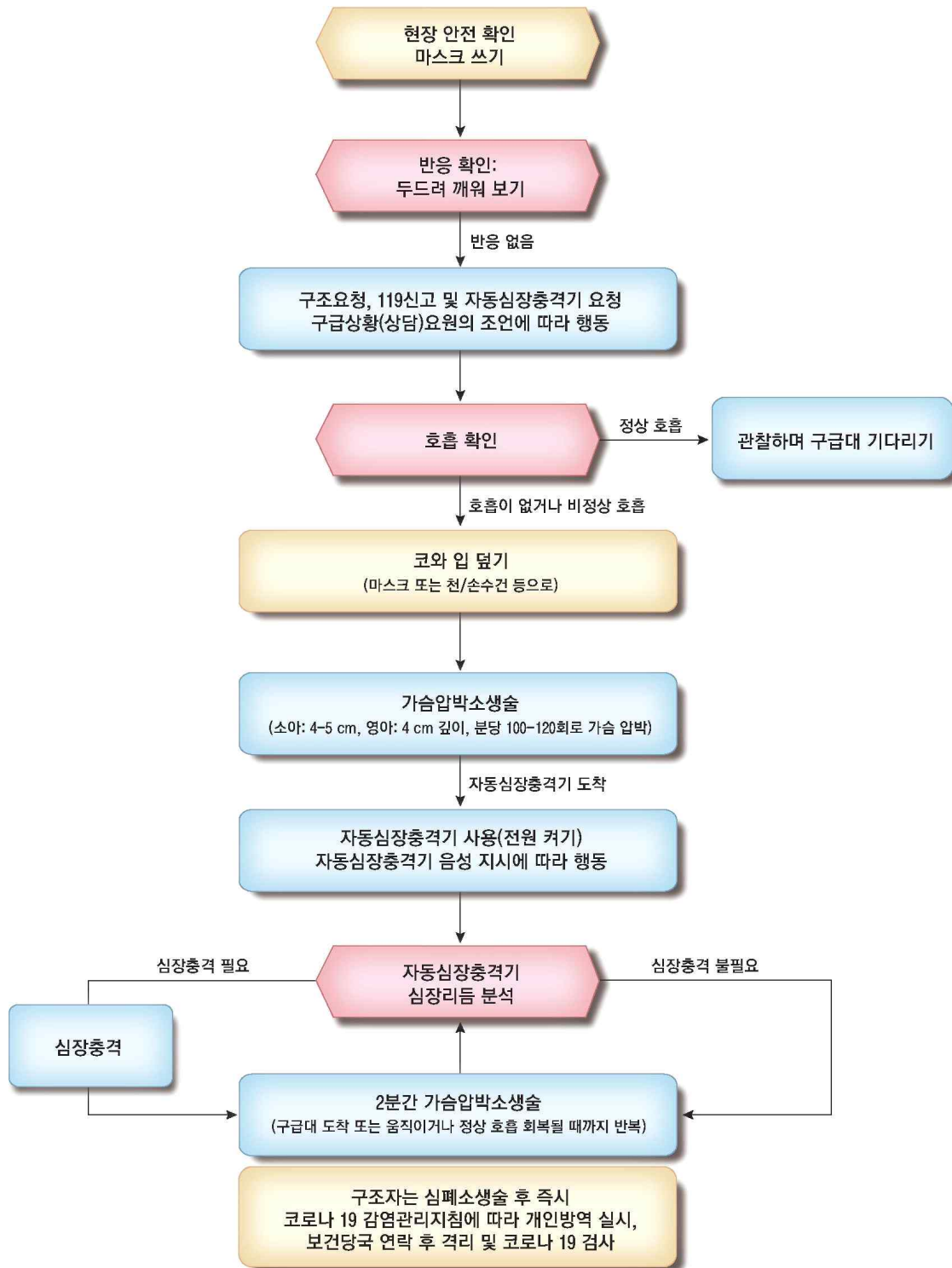


그림 36. 코로나19 유행 시 일반인 구조자에 의한 소아 기본소생술 순서

표 4. 일반인 구조자를 위한 소아 기본소생술 참고표

치료	내용
소생술이 필요한 호흡	호흡이 없거나 심장정지 호흡(혈떡임)을 보일 경우
가슴압박	압박 위치: 영아는 젖꼭지 연결선 바로 아래의 흉골, 소아는 흉골 아래쪽 1/2 압박 깊이: 가슴 전후 두께의 최소 1/3 이상 압박(영아 4cm, 소아 4~5cm) 압박 속도: 분당 100~120회
가슴압박과 인공호흡 비율	가슴압박:인공호흡=30:2 인공호흡을 할 의지가 없거나 교육받지 못한 구조자는 가슴압박소생술 시행 코로나19 유행 시에는 가슴압박소생술 시행
자동심장충격기	자동심장충격기가 도착하는 즉시 전원을 켜고 사용
심장 리듬 분석	가슴압박을 중단한 상태에서 시행
심장 충격 후 심폐소생술	심장 충격 후 즉시 가슴압박을 다시 시작

(1) 구조자와 환자의 안전

심폐소생술을 할 때는 언제나 구조자와 환자가 있는 지역의 안전을 확인해야 한다. 이론적으로는 심폐소생술로 인한 감염성 질환의 전파 위험이 높지 않으나 코로나19 유행 상황에서 구조자는 반드시 마스크를 쓰고 개인의 보호에 주의해야 한다.

(2) 심장정지의 인지와 반응의 확인

환자에게 심폐소생술이 필요한 상태인가를 먼저 평가한다. 의식이 없는 환자가 숨을 혈떡이고 있거나 호흡이 없다면 심장정지 상태이며 심폐소생술이 필요하다고 판단해야 한다. 환자를 가볍게 두드리고 “애야 괜찮니?”와 같이 소리치거나, 이름을 알면 이름을 불러본다. 아이가 손상을 입은 상태는 아닌지,

어떤 의학적 처치가 필요한지 등을 신속하게 확인한다.

(3) 응급의료체계 활성화

만약 환자가 자극에 반응이 없고 목격자가 한 명이면 주위에 소리를 쳐서 도움을 요청한다. 주변에 사람이 있다면 119에 신고할 것과 자동심장충격기(자동제세동기)를 가져올 것을 요청한다. 주변에 아무도 없을 때는 최초 발견자가 즉시 119에 구조 요청을 한다. 우리나라 개인 휴대전화 보급률을 고려하면 대부분 구조자가 휴대전화를 가지고 있으므로 아이의 곁을 떠나지 말고 현장에서 바로 전화를 하도록 한다. 의식이 없는 환자에 대해 알리고 자동심장충격기를 요청하고 구급상황상담요원의 지시에 따라 다음 단계의 처치를 한다. 만약 환자가 반응이 없고 두 명 이상의 목격자가 있다면, 첫 번째 구조자는 즉시 심폐소생술을 시작하고, 다른 목격자는 응급의료체계에 신고하면서 자동심장충격기를 준비하도록 한다. 구조자가 혼자이고 휴대전화가 없는 상황이라면, 2분간 먼저 심폐소생술을 실시하고 나서 응급의료체계에 신고하고 근처의 자동심장충격기를 가져온다. 가능한 환자 곁으로 빨리 돌아와 자동심장충격기를 사용하고, 자동심장충격기가 없는 경우 가슴압박을 시작으로 심폐소생술을 재개한다.

(4) 환자의 호흡 확인

환자의 옷을 제거하고 가슴을 노출한 상태에서 호흡을 확인한다. 환자가 규칙적으로 숨을 쉬고 있으면, 그 아이는 심폐소생술이 필요한 상태가 아니다. 이 경우 외상의 증거만 없다면 옆으로 눕는 회복 자세를 취해주는 것이 기도유지에 도움을 주면서 흡인 위험을 줄일 수 있다. 응급구조대가 도착할 때까지 반복적으로 환자의 호흡 상태를 확인하도록 한다. 호흡곤란이 있는 소아는 종종 기도가 더 많이 열리고 호흡하기 쉬운 자세를 스스로 취하므로, 만일 호흡곤란이 있는 소아가 자기가 더 편한 자세를

취하려고 하면 그대로 유지하게 한다. 환자가 반응이 없고 숨을 쉬지 않거나 그저 헐떡이는 숨(심장정지 호흡)만 간신히 쉬고 있다면 심폐소생술을 시작한다. 간혹, 환자가 헐떡이는 숨을 쉬는 것을 정상 호흡을 하는 것으로 오인하여 심폐소생술이 지연될 수 있다. 헐떡이는 숨만 겨우 쉬는 환자는 숨을 쉬지 않는 경우와 마찬가지로 생각하고 심폐소생술을 시작한다.

(5) 가슴압박

심장정지 상태에서 적절한 가슴압박은 주요 장기로 혈류를 유지하고 자발순환회복의 가능성을 높인다. 만약 영아나 소아가 반응이 없고 숨을 쉬지 않는 상태라면, 즉시 30번의 가슴압박을 실시한다. 가슴압박의 적절한 깊이와 압박 속도는 2015 심폐소생술 가이드라인에서 변경되지 않았다. 적절한 가슴압박은 100~120회의 속도로 압박하고, 적어도 흉곽 전후 지름(가슴 두께)의 1/3 깊이 또는 영아는 약 4cm, 소아의 경우 약 5cm의 깊이를 압박하는 것이다.¹⁰ 가슴압박은 평평하고 딱딱한 바닥에 눕혀서 실시하는 것이 가장 좋다. 가슴압박 시에 피드백장치의 사용에 대한 소아 분야에서의 연구는 아직 부족하다.

영아의 경우, 일반인 구조자와 의료제공자 모두 구조자가 혼자 소생술을 할 때는 두 손가락으로 젖꼭지 연결선 바로 아래의 흉골을 압박한다(그림 37). 이때 칼돌기와 갈비뼈를 압박하지 않도록 주의한다. 구조자가 2인 이상이면 두 손으로 환자의 흉곽을 감싸 쥐고 두 손의 엄지손가락으로 흉골을 압박하는 양손 감싼 두 엄지 가슴압박법을 시행하는 것이 더 효율적일 수 있다(그림 38, 39).

소아의 경우 한 손 또는 두 손의 손바닥 뒤꿈치를 이용하여 흉골 아래 1/2 부분을 압박하여야 한다. 이때 칼돌기와 갈비뼈를 누르지 않도록 한다(그림 40). 한 손으로 하든지 두 손으로 하든지 매번 압박할 때마다 적어도 흉곽 전후 지름 1/3 깊이(약 5cm)가 유지되어야 하며 매 가슴압박을 한 후에는

가슴이 정상 위치로 다시 완전히 이완되도록 하는 것이 중요하다. 흉부가 완전히 이완되어야 심장으로 돌아오는 정맥 환류가 충분히 이루어진다. 소아 심폐소생술 도중, 특히 구조자들이 지켰을 때 흉부 이완이 불완전한 경우가 흔하다. 불완전한 흉부 이완은 흉강 내부의 압력을 증가시키고 정맥 환류, 관상동맥 관류, 심박출량, 뇌동맥으로 가는 관류를 감소시킨다. 구조자의 피로는 가슴압박의 속도, 깊이, 흉부 이완 모두를 부적절하게 만들 수 있다. 구조자 본인이 지친 것을 부정하고 소생술을 계속한다고 해도 가슴압박의 품질은 수 분 내에 저하된다. 두 명 이상의 구조자가 있으면 가슴압박 역할을 2분마다 바꾸어 구조자가 지치는 것을 방지하고 가슴압박의 질과 속도가 떨어지는 것을 막아야 한다. 가슴압박 역할 교대는 가능한 빨리(이상적으로 5초 이내) 수행하여 가슴압박의 중단을 최소화해야 한다. 소아 심장정지에서 일반인 구조자는 응급의료체계 전문구조요원이 도착하거나 환자가 스스로 숨을 쉴 때까지 30회의 가슴압박과 2회의 인공호흡 주기를 반복하여 심폐소생술을 시행하도록 권고한다. 질식성 심장정지가 흔한 영아와 소아 소생술의 경우 가슴압박과 인공호흡을 함께 제공해야 좋은 결과를 얻을 수 있다. 병원내 및 병원밖 영아와 소아 심폐소생술 시행자는 인공호흡과 가슴압박을 함께 하는 소생술을 시행해야 하지만, 만약 구조자가 인공호흡에 대한 교육을 받지 않았거나 인공호흡을 할 의지가 없는 경우, 또는 인공호흡을 할 수 없는 상황이라면 구급대가 도착할 때까지 가슴압박 소생술만이라도 계속해야 한다.

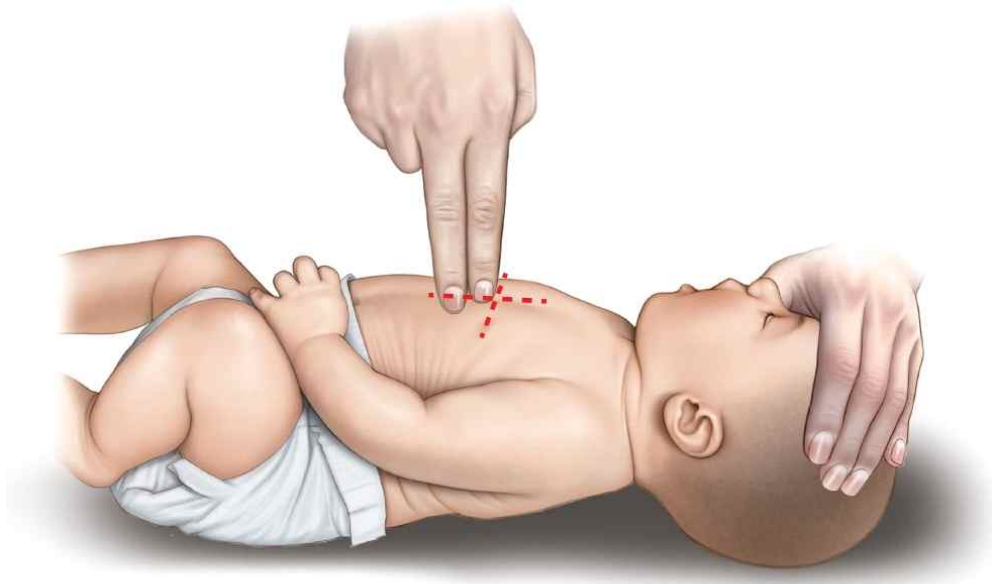


그림 37. 영아의 가슴압박(두 손가락 가슴압박법)

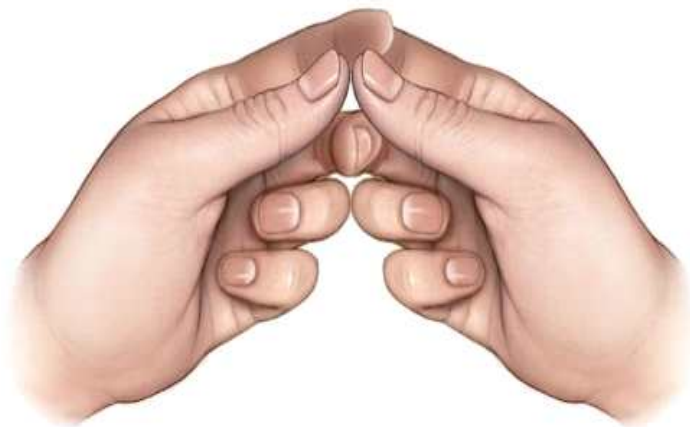


그림 38. 영아의 가슴압박을 위한 손 모양



그림 39. 양손 감싼 두 엄지 가슴압박법



그림 40. 소아의 가슴압박

(6) 기도 열기와 인공호흡

1인 구조자의 가슴압박과 인공호흡의 비율은 30:2이다. 처음 30회 가슴압박을 시행하고 기도를 열고 2회 인공호흡을 한다. 반응이 없는 영아 또는 소아는 혀가 기도를 막을 수 있으므로 외상이 있거나 없거나 모두 머리 젖히고 턱 들기 방법을 이용하여 기도를 열어준다.

영아에게 인공호흡을 하려면 입-입 인공호흡 또는 입-코입 인공호흡 방법을 사용하고 소아는 입-입 인공호흡을 한다. 호흡을 불어넣을 때 가슴이 올라오는 것을 확인해야 하며 각 호흡은 1초에 걸쳐

실시한다. 가슴이 올라오지 않는다면, 머리 위치를 다시 확인하여 기도를 열고 호흡이 밖으로 새지 않게 좀 더 확실하게 막고 인공호흡을 시도해 본다. 머리 기울기 정도를 조절하여 최상의 기도유지와 효과적인 인공호흡이 가능한 위치를 찾아볼 필요도 있다. 영아에게 인공호흡을 할 때 입과 코로 한꺼번에 호흡을 불어넣기 어려운 경우에는 입-입 또는 입-코 인공호흡을 할 수 있다. 입-입 인공호흡을 하는 경우는 코를 막고 입-코 인공호흡을 하는 경우는 입을 막는다. 1인 구조자의 경우 30회 가슴압박 후 2회의 인공호흡을 가능한 짧은 시간 동안 시행하여 가슴압박 중단시간을 최소화해야 한다.

2인 구조자의 경우 한 명은 가슴압박을 다른 한 명은 인공호흡을 담당하여 가슴압박 30회 후 인공호흡 2회를 차례로 시행하도록 한다. 가슴압박과 인공호흡은 두 가지가 연속적으로 시행되도록 하여 가슴압박 중단 시간을 최소화하려고 노력해야 한다.

(7) 가슴압박과 인공호흡의 비율

2회 인공호흡을 한 후, 즉시 30회 가슴압박을 시행한다. 1인 구조자가 가슴압박과 인공호흡을 30:2의 비율로 다섯 번의 주기를 시행하는 데에 약 2분 정도 소요된다. 2인의 구조자의 경우 다섯 번의 주기 후에 가슴압박과 인공호흡의 역할을 교대하여 시행하도록 한다.

(8) 가슴압박소생술(compression-only CPR)

2015년 이후에 출간된 관찰 연구들에 의하면 영아와 소아에게 인공호흡을 병행하는 기존의 심폐소생술을 시행하는 것이 인공호흡을 하지 않고 가슴압박 소생술을 시행하는 것보다 전반적으로

좋은 예후를 나타냈다.¹¹⁻¹⁵. 다만 영아의 경우 심폐소생술의 방법에 상관없이 전반적으로 예후가 낮은 경향을 보인 연구들이 있으며, 8세 이상의 경우에는 가슴압박 소생술도 기존의 심폐소생술과 비슷한 예후를 나타냈다는 보고들도 있었다. 소아의 경우 가슴압박 소생술이라도 시행하는 것이 심폐소생술을 아예 시행하지 않는 것보다는 좋은 예후를 보이나, 영아의 경우에는 가슴압박 소생술을 시행하는 것은 아예 심폐소생술을 시행하지 않는 것과 비슷한 수준의 나쁜 예후를 보였으며 인공호흡을 병행하는 기존의 심폐소생술이 좋은 예후와 연관을 보였다. 종합적으로, 영아와 소아에게 인공호흡을 병행하는 기존의 심폐소생술을 실시해야 하나 구조자가 인공호흡을 할 수 없거나 꺼릴 때에는 일단 가슴압박 소생술을 시작하고 이후 가능한 상황이 되면 인공호흡을 병행해야 한다(권고 등급 I, 근거수준 B-NR).

(9) 전화 도움 심폐소생술

심장정지를 처음 목격하는 일반인은 심장정지 상황에 대해 교육받지 않은 경우가 많으므로 심장정지의 확인과 심폐소생술 시행과정에서 시간이 지체되고 어려움을 겪을 수 있다. 구급상황상담요원은 전화 지도를 통해 일반인 구조자가 심장정지를 확인하고 심폐소생술을 할 수 있도록 도와줄 수 있다. 구급상황상담요원이 전화로 병원밖 소아 심장정지 환자에 대한 심폐소생술을 지도하면, 구조자가 심폐소생술을 시행할 확률이 높아지고 심폐소생술을 시작하는 데까지 소요되는 시간이 단축된다.¹⁶⁻¹⁹ 따라서 병원밖 소아 심장정지에서 전화 도움 심폐소생술을 제공하는 것이 권고된다. 목격자가 심폐소생술을 하고 있지 않으면 구급상황상담요원은 심폐소생술을 시작하는 것을 돕도록 훈련되어야 한다.

3) 의료제공자를 위한 소아 기본소생술

의료제공자를 위한 소아 기본소생술은 일반인을 위한 소아 기본소생술과 몇 가지 차이가 있지만, 기본적으로 유사하다(그림 41, 42, 표 5).²⁰⁻²² 의료제공자들은 대부분 팀으로 활동하기 때문에 각 과정이 동시에 이루어지는 경우가 많으므로(예, 가슴압박과 인공호흡 준비) 활동의 우선순위가 상대적으로 덜 강조된다.

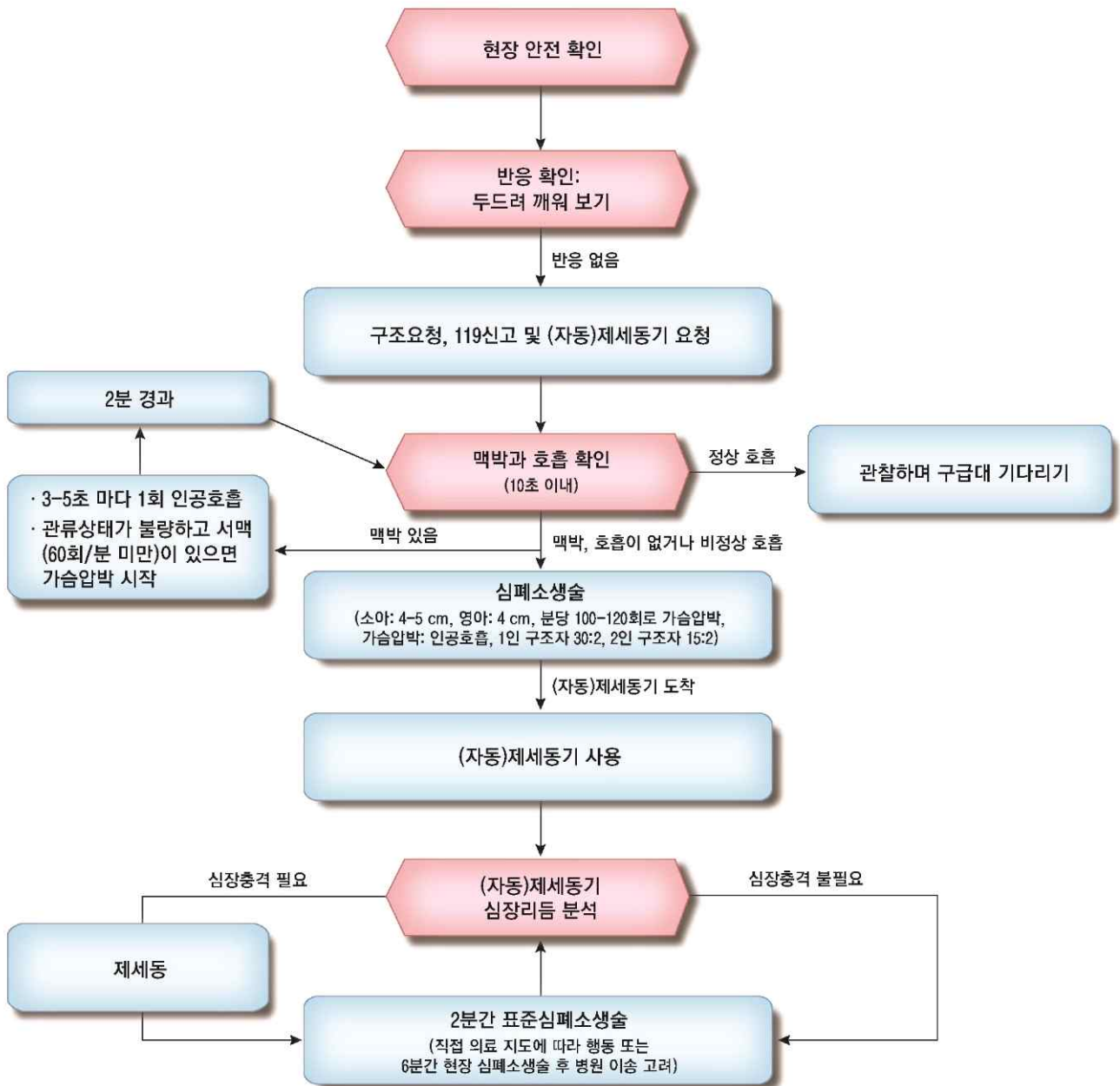


그림 41. 병원밖 의료제공자에 의한 소아 기본소생술 순서

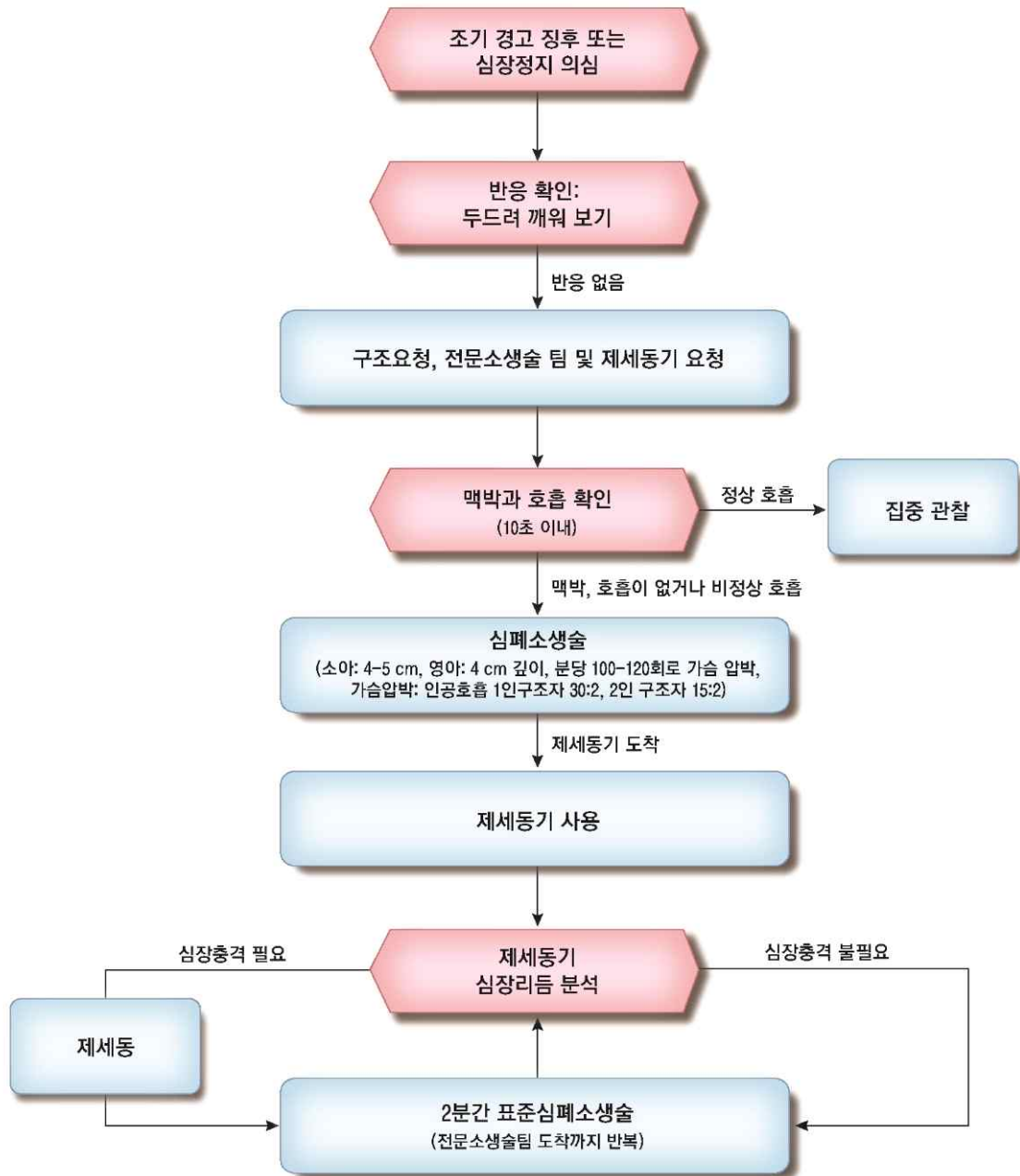


그림 42. 병원내 소아 기본소생술 순서

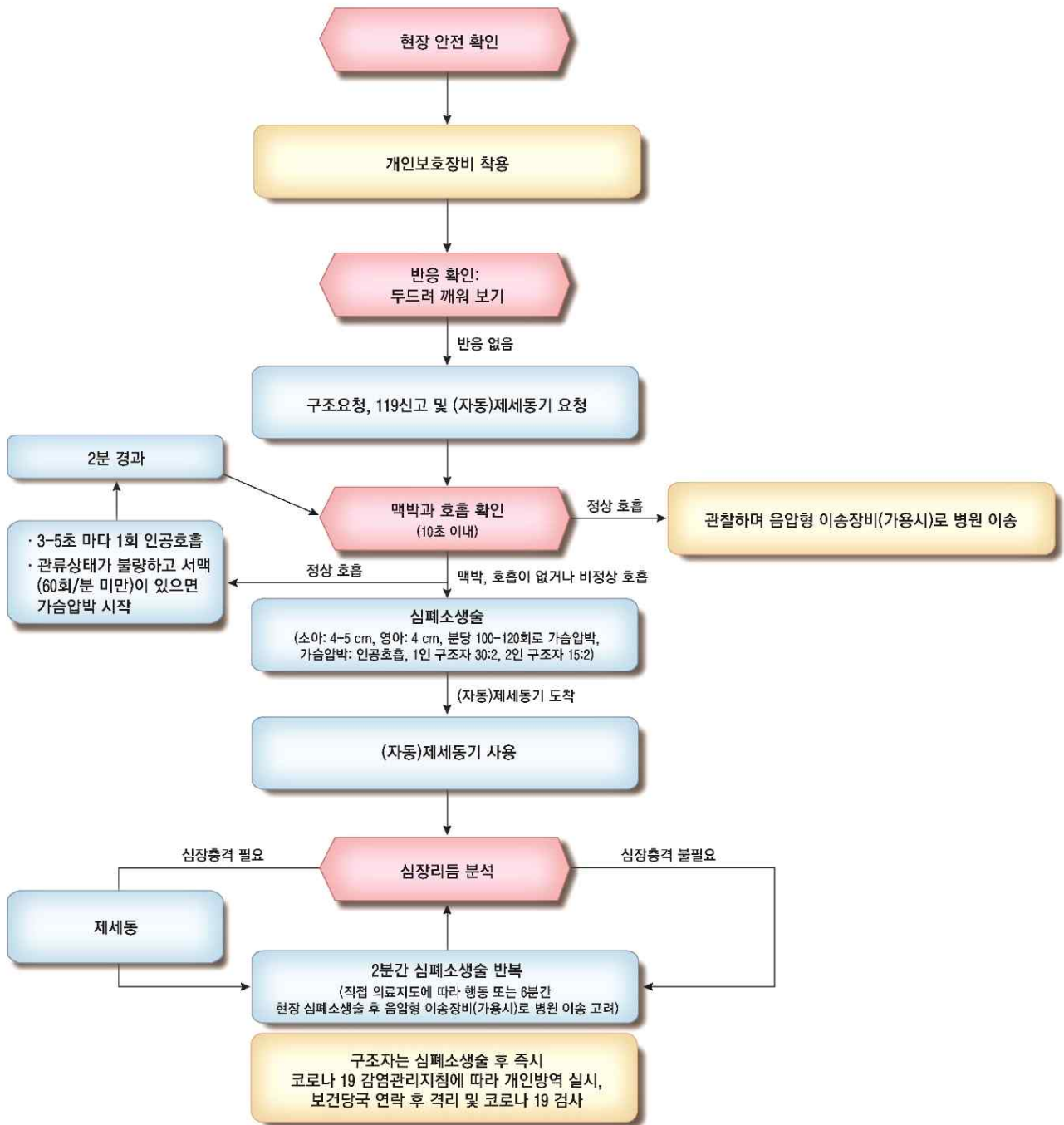


그림 43. 코로나19 유행 시 병원밖 의료제공자에 의한 소아 기본소생술 순서

표 5. 의료제공자를 위한 소아 기본소생술 참고표

치료	내용
소생술이 필요한 호흡	호흡이 없거나 심장정지 호흡(혈떡임)을 보일 경우
호흡과 맥박 확인	10초 이내에 무호흡(또는 비정상 호흡)과 맥박을 동시에 확인
가슴압박	영아에 대하여 구조자가 1인: 두 손가락 가슴압박법 영아에 대하여 구조자가 2인 이상: 두 손 감싼 두 엄지 가슴압박법 소아에 대하여 한 손 또는 두 손 손뼉꿈치 가슴압박법 압박 위치: 영아는 젖꼭지 연결선 바로 아래의 흉골, 소아는 흉골 아래쪽 1/2 압박 깊이: 가슴 전후 두께의 최소 1/3 이상 압박(영아: 4cm, 소아: 4~5cm) 압박 속도: 분당 100~120회
가슴압박과 인공호흡 비율	(구조자가 1인인 경우) 가슴압박:인공호흡=30:2 (구조자가 2인 이상인 경우) 가슴압박:인공호흡=15:2
자발순환회복 후 인공호흡	맥박이 60회 이상이고 관류 상태가 양호한 경우 분당 12~20회(매 3~5초에 1회)
전문기도유지술 후 인공호흡	가슴압박과 무관하게 분당 10회(매 6초에 1회) 시행
심장 리듬 분석	가슴압박을 중단한 상태에서 시행
제세동 후 심폐소생술	제세동 후 즉시 가슴압박을 다시 시작

(1) 구조자와 환자의 안전

심폐소생술을 할 때는 언제나 구조자와 환자가 있는 지역의 안전을 확인해야 한다. 코로나19 유행상황에서 의료종사자는 소생술 중, 에어로졸이 생성되는 시술 동안 개인 보호 장비를 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD). 가슴압박과 심폐소생술이 에어로졸의 생성을 유발하여 감염전파의 위험을 증가시킬 수 있으므로 의료인 구조자는 마스크, 장갑, 고글, 수술 가운을 포함한 적절한 개인 보호구를 착용할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-EO). 제세동이 필요한 경우에는 감염전파에 유의하면서 적극적으로 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-EO)(그림 43). 심폐소생술을 마친 후 구조자는 감염관리수칙에 따라 가능한 한 빨리 비누와 물로 손을 깨끗이 씻거나 알코올 기반의 손 소독제로 손을 소독하여야 하며 옷을 갈아입을 것을 권장한다. 또한, 지역 보건당국에 연락하여 코로나19 검사와 자가격리 여부 등을 확인한다.

(2) 반응의 확인

환자가 심폐소생술이 필요한 상태인지를 먼저 평가한다. 환자를 가볍게 두드리고 “애야 괜찮니?”와 같이 소리치거나, 이름을 알면 이름을 불러본다. 아이가 손상을 입은 상태는 아닌지, 어떤 의학적 처치가 필요한지 등을 신속하게 확인한다.

(3) 응급의료체계 활성화

만일 환자가 반응이 없고 숨을 쉬지 않는다면(또는 혈떡거리는 양상의 비정상적인 호흡) 주변에 있는 사람에게 요청하여 119에 신고하고 자동제세동기를 가져오도록 한다. 병원 내에서는 목격자가 바로 도움을 요청하고, 주변인을 통해 제세동기를 가져오도록 하고 맥박과 호흡을 10초 이내 확인하고 맥박이 없고 호흡이 없으면 심폐소생술을 시작한다.

(4) 환자의 맥박 확인

영아나 소아가 반응이 없고 정상적으로 숨을 쉬고 있지 않다면 의료제공자는 맥박을 확인하는데, 맥박 확인 시간이 10초를 초과하지 않아야 한다. 맥박은 영아는 위팔동맥, 소아는 목동맥이나 대퇴동맥에서 확인한다. 10초 이내에 맥박을 느끼지 못하거나 맥박이 있는지 불확실하다면 가슴압박을 시작한다.⁷

① 맥박이 잘 만져지면서 호흡이 불충분한 경우

맥박이 분당 60회 이상이지만 호흡이 부적절하다면 자발 호흡이 회복될 때까지 분당 12~20회의 속도로 구조 호흡을 제공한다(3~5초에 1회 호흡). 맥박은 2분마다 재확인하며 맥박 확인 시간은 10초를 초과하지 않아야 한다.

② 서맥이 있고 전신 관류 상태가 불량한 경우

맥박이 분당 60회 이하이고 산소와 환기를 제공하여도 관류 상태가 좋지 못하면(즉, 피부가 창백하거나 반점 같은 얼룩이 생기거나, 청색증을 보일 때) 가슴압박을 시작한다. 영아와 소아의 심박출량은 상당 부분 심박수에 따라 달라지기 때문에 관류 상태가 좋지 않은 서맥은 가슴압박이 필요하다는 신호이다. 심장정지가 발생하기 이전에 즉각적으로 심폐소생술을 시행해야 생존율을 향상할 수 있다. 가슴압박을 시작해야 하는 심장박동수의 절대 기준은 아직 뚜렷하지 않으나, 교육의 편의성과 술기의 기억을 위해 심박수가 60회 미만이면 관류 상태가 좋지 않을 때는 가슴압박을 하도록 권장한다.

(5) 가슴압박

영아나 소아가 반응이 없고 호흡과 맥박이 없다면(또는 맥박이 있는지 불확실하다면) 가슴압박을

시작한다. 의료종사자와 일반인의 차이점은 영아에 대한 가슴압박 방법이다. 의료제공자가 혼자 있을 때는 영아에게 두 손가락 가슴압박법을 사용한다. 구조자가 2인 이상일 때에는 양손 감싼 두 엄지 가슴압박법을 시행한다(그림 39). 손을 펴서 영아의 흉곽을 두 손으로 감싸고 두 엄지손가락으로 흉골의 압박 지점을 강하게 압박하는 것이다. 양손 감싼 두 엄지 가슴압박법의 장점은 두 손가락 가슴압박법보다 관상동맥 관류압을 증가시키고, 적절한 압박 깊이와 힘을 일관되게 유지할 수 있으며 수축기압과 이완기압을 더 높게 생성할 수 있다. 환자의 흉곽을 양손으로 감싸 질 수 없는 경우에는 그냥 두 손가락으로 흉부를 압박한다. 소아에 대한 가슴압박의 위치는 흉골의 아래쪽 절반, 영아의 경우에는 젖꼭지 연결선 바로 아래의 흉골이다. 1인 구조자의 경우 두 손가락 가슴압박법을 사용하여 가슴압박 대 인공호흡의 비를 30:2로 실시하고, 2인 구조자의 경우 양손 감싼 두 엄지 가슴압박법을 사용하며 가슴압박 대 인공호흡의 비는 15:2로 실시한다.

(6) 기도 열기와 인공호흡

30회의 가슴압박 후(구조자가 2인일 경우 15회의 압박 후) 머리기울임-턱들어올리기 방법으로 기도를 열고 인공호흡을 2회 실시한다. 척추 손상을 의심해야 하는 외상의 징후가 있다면 머리 젖히기는 하지 않고 턱 밀어 올리기 방법으로 기도를 개방한다. 소아 심폐소생술에서는 기도를 열고 적절하게 인공호흡을 하는 것이 매우 중요하기 때문에 턱 밀어 올리기 방법으로 기도를 열지 못한다면 외상과 상관없이 머리기울임-턱들어올리기 방법을 적용한다.

영아에게 인공호흡을 할 때 입과 코를 한꺼번에 막기 어려운 경우에는 입-입 또는 입-코 인공호흡을 할 수 있다. 입-입 인공호흡을 하는 경우는 환자의 코를 잡고 입을 통해 호흡시킨다. 양쪽 모두에서 숨을 불어넣을 때 환자의 가슴이 올라오는 것을 확인해야 한다.

(7) 인공호흡 관련 장비 및 방법들

① 보호 기구

구조자 중에서 입-입 인공호흡에 의한 직접 접촉을 꺼려서 보호 기구를 사용하려는 때도 있다. 보호 기구의 사용은 100% 감염의 전파를 막을 수는 없고 공기 흐름에 저항을 가져올 수 있다. 따라서 보호 기구를 사용하기 위하여 인공호흡을 지연해서는 안 된다.

② 백마스크 호흡법

대부분의 소아 심장정지 환자는 백마스크 호흡으로 충분한 환기가 가능하나 전문기도기(기관내삽관 혹은 성문상 기도기) 삽입과 비교하면 가슴압박 중단이 잦고 기도 흡인의 위험성이 높다는 단점이 있다. 그러나 기관내삽관이나 성문상 기도기 삽입은 백마스크 호흡법보다 더 많은 숙련 시간이 필요하며 병원밖 소아 심장정지 환자의 경우 삽관 실패율이나 합병증 빈도가 백마스크 호흡법보다 더 높다. 이런 점을 고려할 때 병원밖 소아 심장정지 환자의 인공호흡을 위해 기관내삽관 혹은 성문상 기도기 적용보다는 백마스크 환기법을 적용하는 것이 합리적이다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD). 효과적인 백마스크 호흡법을 위해서는 알맞은 마스크 크기 고르기, 기도 열기, 마스크와 얼굴의 밀착, 적절한 압력으로 누르기 등의 술기를 익히는 것이 중요하다.

③ 환기백

자가 팽창 백은 적어도 450~500mL를 공급하는데, 더 적은 용량의 백은 만삭아와 영아에게 충분한 일 회 호흡량을 공급하지 못할 수도 있다. 큰 소아나 청소년에게는 성인용 자가팽창 백(1,000mL)을 사용한다. 산소가 공급되지 않으면 실내 공기만으로 환기하고, 산소량을 10 L/min을 공급하면 산소농도는 30%에서 80%까지 유지된다. 더 높은 농도(60%~95%)의 산소를 공급하려면 산소 저장소를 백에 연결한다. 소아용 백에 부착된 저장소에는 산소를 10~15 L/min을 공급하고, 성인용 백에는 적어도 15

L/min을 공급할 수 있다.

④ 과호흡을 예방하기 위한 인공호흡 방법

과호흡은 순환혈류량을 감소시키므로 과호흡을 하지 않는 것이 중요하다. 전문기도유지술(기관내삽관, 식도-기도 콤비 튜브, 후두 마스크 기도기 등의 삽입)이 시행되기 전이면 30회의 가슴압박(1인 구조자) 또는 15회(2인 구조자, 의료제공자)의 가슴압박 후에 두 번의 인공호흡을 시행하는데, 입-입 인공호흡이나 백마스크 호흡법을 사용한다. 전문기도유지술이 시행된 후에는 심폐소생술의 “압박-호흡 비율”을 맞추지 않는다. 가슴압박은 분당 100~120회의 속도로 쉬지 않고 계속하고, 호흡은 분당 10회로 계속한다. 두 명 이상의 의료제공자는 2분마다 압박 역할을 바꾸어 구조자가 지치는 것을 막는다. 자발순환 리듬이 돌아왔으나 호흡이 없으면 호흡만 분당 12~20회(3~5초마다 1번 호흡)로 시행한다. 심폐소생술 동안 폐 환기가 과도하게 시행되면 정맥 환류가 감소하여 심박출량과 뇌 혈류를 감소시키고 흉강 내압의 증가로 관상동맥 관류가 감소한다. 따라서 구조자는 분당 제시된 인공호흡의 횟수에 맞추어 인공호흡을 하여야 한다. 손으로 압박하는 백은 높은 압력을 줄 수 있으므로 가슴이 올라오는 것이 관찰될 정도로만 환기를 시킨다.

⑤ 2인 백마스크 호흡

2인의 구조자가 함께 백마스크 호흡을 하면 심한 기도폐쇄가 있거나, 폐 탄력성이 나쁠 경우, 마스크를 얼굴에 단단히 밀착시키기 힘든 경우에 효과적인 백마스크 호흡을 제공하는 데에 도움이 된다. 한 명은 양손으로 기도를 유지하고 마스크를 환자의 얼굴에 단단히 붙이고 다른 구조자는 환기백을 누른다. 두 명의 구조자가 모두 환자의 가슴이 올라오는 것을 확인해야 한다.

⑥ 위 팽창과 윤상연골 누르기

위 팽창은 효율적인 환기를 저해하고, 구토를 유발할 수 있으므로 피해야 한다. 위 팽창을 최소화하려

면, 매 호흡을 1초에 걸쳐 실시함으로써 호기 시 압력 과다를 피하고 윤상연골 누르기를 고려할 수 있으나, 윤상연골 누르기를 통상적으로 실시하는 것은 권장되지 않는다. 윤상연골 누르기는 환자가 의식이 없고, 도와줄 다른 의료제공자가 있는 경우에만 고려해야 하며, 윤상연골을 과도하게 누르면 기관을 막을 수 있으므로 주의해야 한다.

⑦ 산소

100% 산소가 해를 준다는 동물실험 결과가 있으나, 인체를 대상으로 한 연구에서 신생아기 이후에 산소농도에 따른 해로운 효과에 관한 연구들은 없으므로, 심폐소생술 동안 100% 산소를 공급한다. 환자가 안정화되면 산소농도를 확인하면서 산소공급을 한다. 가슴화된 산소를 투여하면 점막의 건조와 폐분비물이 진해지는 것을 막을 수 있다. 산소는 마스크 또는 코산소주입관을 사용하여 투여한다. 마스크는 자발 호흡이 있을 때 30~50%의 산소를 공급한다. 얼굴에 딱 맞고 저장소가 있는 마스크로 산소를 15 L/min을 공급하면 고농도의 산소를 투여할 수 있다. 자발 호흡이 있을 때는 영아와 소아의 체구에 맞는 코산소주입관을 사용한다. 코산소주입관 사용 시 신생아는 0.5-1 L/min, 영아는 1-2 L/min, 학령전기 소아는 4 L/min, 학령기 소아는 6 L/min까지 투여할 수 있다. 산소의 농도는 소아의 체구, 호흡수, 호흡 노력에 따라 조절한다. 영아에게 2 L/min의 산소를 투여하면 흡기 산소농도는 55% 정도가 된다.

(8) 제세동

심실세동이나 무맥성 심실빈맥은 갑작스러운 심장정지의 원인일 수도 있고, 소생술 도중에 발생할 수도 있다. 목격자가 있는 갑작스러운 소아의 허탈(예, 운동 중 쓰러진 소아)은 심실세동이나 무맥성 심실빈맥에 의한 것일 수 있어 즉각적인 심폐소생술과 빠른 제세동이 필요하다. 심실세동과 무맥성 심실빈맥은 제세동에 반응하기 때문에 “충격필요리듬”으로 분류된다.

잘 훈련된 의료제공자가 영아의 충격필요리듬을 확인한 경우 수동제세동기를 사용하는 편이

유익하다. 제세동 시에 첫 에너지는 2 J/kg이고 두 번째는 4 J/kg 이상으로 성인의 최대 용량을 넘지 않도록 한다.²³

수동제세동기가 없다면 소아용 충격량 감쇠기가 있는 자동제세동기를 영아에게 사용하도록 한다. 8세 미만의 소아에게도 소아용 충격량 감쇠기가 있는 자동제세동기를 사용한다. 그러나 수동제세동기와 충격량 감쇠기가 있는 자동제세동기가 모두 없는 상황이라면, 에너지양을 조절할 수 없는 성인용 자동제세동기라도 영아에게 사용할 수 있다.

구조자들은 가슴압박과 제세동 사이의 시간을 최소화해야 하고, 제세동 후 즉시 가슴압박을 다시 시작하는 것으로 심폐소생술을 재개해야 한다. 자동제세동기는 구조자에게 2분마다 리듬을 재분석하도록 유도할 것이며, 제세동은 이상적으로 가슴압박 수행 직후 시행해야 한다.

4) 특수한 상황에서의 심폐소생술

(1) 이물에 의한 기도 폐쇄(질식)

이물 흡인에 의한 사망의 90% 이상은 5세 미만에서 발생하며, 이 중 65%는 영아에게 발생한다. 이물에 의한 기도폐쇄의 임상 증상은 갑작스러운 호흡곤란과 기침, 구역질, 그렁거림이며 천명음이 동반된다. 갑자기 발생하며, 이전에 열이나 호흡기 증상이 없이 일어난다는 것이 다른 원인의 호흡곤란과 감별되는 소견이다. 이물에 의한 기도폐쇄는 가벼운 증상부터 심한 기도폐쇄까지 다양하다. 기도폐쇄가 가벼우면 소아는 기침하거나 소리를 낼 수 있다. 완전한 폐쇄가 의심되는 상황은 말을 하지 못하거나, 기침할 때 소리가 나지 않거나, 숨을 쉴 수 없거나, 청색증이 있거나 의식이 감소할 경우이므로 이 경우 빠른 처치가 필요하다.

1세 이상의 소아의 경우 기도폐쇄가 심하다고 판단되면 등 두드리기를 이물이 나올 때까지 또는

의식이 없어질 때까지 시행한다.²⁴ 영아에게는 5회의 등 두드리기와 5회의 가슴 밀어내기 방법을 이물이 나올 때까지 또는 의식이 없어질 때까지 교대로 반복 시행한다.^{25,26} 영아는 갈비뼈가 상복부 장기를 충분히 보호하지 못하고 간이 상대적으로 크기 때문에 복부 밀어내기 방법을 사용할 경우 내부 장기손상의 위험이 커 복부 밀어내기는 시행하지 않는다.²⁶

환자의 반응이 없거나 이물 제거 시술 도중 반응이 없어진 경우에 맥박의 유무와 상관없이 심폐소생술을 시작한다.²⁷ 다만, 가슴압박 후 호흡을 하기 전에 입안을 보아 이물이 보이면 손가락을 사용하여 이물을 꺼낸다. 입안에 이물이 보이지 않는 상황에서 손가락을 넣어 이물을 빼내려고 하면 안 되는데 이러한 행위는 이물을 인두 내로 더 깊게 밀어 넣거나 인두에 손상을 줄 수 있기 때문이다.^{28,29} 두 번의 인공호흡 후 이물이 제거될 때까지 가슴압박과 인공호흡 과정을 반복한다. 사실 이물에 의한 기도폐쇄에 관한 지침을 결정하는 데 도움이 되는 높은 질의 연구는 많지는 않다. 이물에 의한 기도폐쇄는 대부분 환자 스스로 기침을 하게 함으로써 해결된다. 하지만 심할 때는 복부 압박 등 구조자의 도움이 필요할 수 있다.^{30,31}

(2) 외상

의도하지 않는 외상은 소아와 청소년 사망의 주요한 원인이 될 수 있다. 소아에게 주요한 둔상과 관통 손상으로 인한 심장정지는 사망률이 매우 높다.^{5,32,33} 긴장성 기흉, 혈흉, 폐 손상, 심장눌림증 등은 혈액학, 산소화, 환기를 방해할 수 있으므로 흉부 복부 외상에서는 흉부 손상을 항상 의심해야 한다. 관통 외상으로 인한 심장정지 후 가역적인 원인에 대한 조기 처치는 생존율을 상승시킬 수 있다.^{34,35} 외상으로 인한 심장정지 가이드라인에서는 출혈 조절, 순환 혈액량 회복, 기도 확보, 긴장성 기흉에 대한 처치를 권고하고 있다. 이러한 처치는 일반적인 소생술과 동시에 진행되어야 한다.

외상을 입은 소아의 기본소생술 원칙은 일반 질환이 있는 소아와 같지만 몇 가지 강조되는 부분이

있다. 심폐소생술이 부적절하게 시행될 경우에는 막을 수 있는 사망률을 증가시킬 수 있다. 기도를 열고 유지하는 과정에서의 오류, 내부의 출혈을 인지 못함으로 발생하는 오류 등이 소아를 소생시키는 과정에서 흔히 발생한다. 다음은 소아 외상 환자에게 심폐소생술을 할 때 유의해야 하는 점이다.⁵

① 소아 외상 환자의 심장정지는 외상에 의한 저혈량증보다 호흡이 원활하게 유지되지 않아 발생하는 경우가 많다. 따라서 외상 환자의 경우에도 환자의 호흡과 환기가 잘 유지되는지 반드시 확인해야 한다.

② 부러진 치아 조각, 혈액 등으로 기도폐쇄의 가능성이 있으면 흡입 장치를 사용한다.

② 외부에 출혈이 있으면 눌러 지혈시킨다. 출혈 부위를 확인하기 위해서 옷을 벗기고 몸 전체를 확인해야 한다. 확인 후에는 반드시 따뜻한 천으로 덮어주어 저체온증이 생기지 않도록 유의해야 한다.

③ 손상의 기전으로 판단할 때 척추 손상을 입었을 가능성이 있으면 경추의 움직임을 최소화하고 머리와 목을 잡아당기거나 움직이지 않는다. 턱 밀어 올리기로 기도를 열고 머리를 기울이지 않는다. 턱 밀어 올리기로 기도가 유지되지 않으면 머리젖히고 턱 들기 방법으로 기도를 확보한다. 두 명의 구조자가 있으면 한 명은 기도를 열고 다른 구조자는 경추 움직임을 막는다. 적어도 넓적다리, 골반과 어깨는 척추고정판에 함께 고정한다. 영아와 소아는 상대적으로 머리가 크기 때문에 경추를 굴곡 시키지 않는 최상의 자세는 후두부를 몸통보다 약간 우묵한 곳에 위치시키거나 몸통을 약간 높인 자세로 눕혀서 척추고정판에 고정하여야 경추 굴곡을 피할 수 있다.³⁶

④ 다발성 장기 외상을 입은 소아는 가능하면 소아 전문가가 있는 외상 센터로 이송한다.

⑤ 관통 외상을 입은 맥박이 없는 소아를 위해 개흉술을 고려할 수 있다.³⁷⁻⁴¹ 하지만 둔상으로 인해

맥박이 없는 소아, 영아에게 응급 개흉술을 시행하는 것을 권고하기에는 아직 근거가 부족하다.^{39,42}

(3) 익수

익수에서 물에 잠겼던 시간은 예후를 예측하는 중요한 인자이다. 그 외의 나이, 응급처치의 신속성, 물의 형태(담수 또는 해수 등), 수온, 목격자의 유무는 신뢰할 만한 예후인자가 아니다.⁴³ 얼음물에 익수된 경우는 익수 시간이 길더라도 생존 가능성이 있으므로 구조 시간을 연장할 수 있다.^{44,45} 익수된 소아는 물에서 꺼낸 후 즉시 심폐소생술을 시작해야 한다. 특수 훈련을 받은 구조자의 경우에는 물속에서부터 인공호흡을 시작한다. 물속에서의 가슴압박은 효율성이 없으므로 하지 않는다.⁴⁶

물이 기도폐쇄를 일으키는 이물로 작용한다는 증거는 없으므로, 희생자의 폐로부터 물을 빼내기 위하여 시간을 허비하지 않는다.⁴⁷ 기도를 열고 2번 인공호흡 후 가슴압박을 하며 심폐소생술을 시작한다. 혼자 있다면 30:2로 가슴압박과 인공호흡을 5회 주기 시행하고 응급의료체계에 신고하며 자동제세동기를 준비하도록 한다. 두 명의 구조자가 있으면 첫 번째 구조자는 심폐소생술을 계속하고, 두 번째 구조자는 응급의료체계에 신고하고 자동제세동기를 준비하도록 한다.⁴⁸

(4) 특수한 의료 도움이 필요한 소아

만성 질환 상태에서의 합병증(예, 기관절개술의 막힘), 보조 의료기기의 문제(예, 인공호흡기 고장), 기존 질환의 악화 등으로 인하여 특수한 의료 도움이 필요한 소아는 해당 상황에 따른 적절한 도움이 필요하다. 질병 정보, 치료 계획 및 현재 복용 중인 약에 대한 정보가 없을 때는 치료를 수행하는데, 곤란을 겪을 수 있다. 부모나 아이를 돌보는 사람은 소아의 의료 정보를 복사해서 집, 학교 또는 보육

시설 등에 미리 비치하도록 한다. 만성 질환 또는 치명적인 질환을 가지고 퇴원하는 경우에 부모, 학교 간호사와 가정 간호 의료제공자는 입원의 이유, 입원 기간 중의 상태, 악화하면 보이는 증후 등에 대한 정보를 알고 있어야 하며, 특수 상황에서의 심폐소생술에 대한 교육도 받아야 한다.⁴⁹

① 사전 지시를 가진 소아

소생술을 제한하거나 포기한다는 결정이 내려졌다면 의료진은 행해질 수 있는 모든 소생술의 한계에 대해 자세한 처방 지시로 명기해 놓아야 한다. 병원 밖 상황에 대해서도 따로 의사의 처치 지시가 명기되어야 한다. 보육시설 및 학교 간호사는 소생 시도 포기 결정이 내려진 소아에 대한 서식을 복사하고 알기 쉽게 자료를 비치한다.

만성질환이 있는 소아나 잠재적으로 생명을 위협할 수 있는 조건을 가진 소아가 병원에서 퇴원하는 경우, 부모와 학교 간호사 및 가정 방문 의료제공자들은 병원에 입원한 이유나 병원에서의 치료 및 경과에 대한 요약, 그리고 악화하는 상황을 어떻게 알 수 있는지 등에 대한 정보를 충분히 받아야 한다. 심폐소생술에 대한 안내문뿐만 아니라 긴급 상황 시 연락을 취할 수 있는 사람에 대해서도 정보를 받아야 한다.⁴⁹

② 기관절개술 또는 기관 창을 통한 환기

기관절개술을 한 소아를 돌보는 사람(부모, 학교 간호사, 가정 의료제공자)들은 기도를 유지하는 법, 기도 분비물 제거법, 인공 기도를 통해 심폐소생술을 하는 법을 알아야 한다. 기관절개 창을 통하여 인공호흡을 하고 기도유지를 확인하며 가슴이 올라오는지 확인한다. 흡인을 해도 기관절개 창을 통한 환기가 효과적이지 않으면 기관절개술 튜브가 적절하게 삽입되지 않은 것을 의심하고 기도유지를 다시 확인한다. 환자의 호흡이 적절하지 않은 경우, 기관절개술을 한 환자에게는 입-기관창 인공호흡을 하며, 기관창을 이미 막았으면 코와 입을 통한 백마스크 인공호흡을 한다.⁴⁹

5) 소아 심장정지의 예방

(1) 소아 심장정지의 예방 조기 경고 체계

신속대응체계(또는 조기 경고 체계, rapid response system, RRS)는 병원 내 입원환자의 생리적 변화를 조기 감지하여 심장정지를 예방하고 중환자실 입실을 줄이기 위해 많은 의료기관에서 적용하고 있다.⁵⁰ 이는 병원 내에서 의료진 호출로 인한 시간 지연으로 환자가 임상적으로 악화되는 것을 보완하기 위함이며 혈압, 맥박, 호흡수, 체온, 산소포화도, 의식 수준 등을 점수화하여 상태 변화를 조기 경고하기 위한 적극적인 노력이다.⁵¹

이러한 소아 조기 경고점수체계(pediatric early warning score, PEWS)의 활용은 소아 환자의 심장정지 발생률, 병원 체류 기간, 사망률을 감소시킬 뿐 아니라 비계획적 중환자실 이동을 감소시키는 것으로 나타났다.^{52,53} 다만, 신속대응팀의 근무시간에 따른 조기 대응 빈도와 이에 따른 환자의 예후에 대해서는 아직 일치된 연구결과가 부족하고 현재 국내 신속대응팀 활성화에 대한 합의된 기준이 없어 지속적인 추가 관찰이 필요하다.⁵³

또한, 의료기관에서는 소아 조기 경고점수체계를 사용할 경우 환자의 상태 변화를 민감하게 파악하기 위해서 항목을 어떻게 구성할 것인지 논의해야 한다. 활력 징후만을 포함할 것인지 혹은 패혈증, 호흡곤란, 아나필락시스 쇼크, 저혈량 쇼크, 폐쇄성 쇼크, 부정맥, 대사성 산증 등을 반영시킬 것인지에 대한 협의가 필요하다.⁵⁴ 그리고 조기 경고 점수의 위양성 여부를 어떻게 감별할 것인지에 대한 충분한 논의 후에 의료진이 빠르게 인식하고 대응하는 것이 필요하다.

(2) 소아 신속대응팀(또는 응급대응팀, medical emergency team)

신속대응팀은 전문 의료진으로 구성되어 병원 안에서 상태가 악화하는 환자를 감시하고 응급처치를

전담하는 부서로, 심장정지 발생 전에 나타나는 징후들을 빨리 파악하고 대처할 수 있다. 신속대응팀은 병원의 자원에 따라 구성, 운영방법, 활성화 시스템 등을 달리할 수 있다. 의료기관에서는 신속대응팀(rapid response teams, RRT)을 구성하여 환자의 호흡기계, 심혈관계, 의식변화 등을 민감하게 파악하는데 이때, 신속한 개입 및 효율적인 중환자 관리를 위해 숙련된 의료진으로 구성해야 한다.^{53,55}

소아 신속대응팀의 운영이 병원내 심장정지 소아에서 자발순환회복률을 높이고 사망률을 낮춘다는 근거는 부족하나, 병원 내, 특히 중환자실 밖 환자의 심장정지 발생을 줄인다는 연구들이 보고됐다.⁵⁶⁻⁵⁹ 한 코호트 연구에서는 소아 신속대응팀의 조기 개입을 통해 비계획적 중환자실 입실 환자의 심폐소생술 감소를 확인하였다.⁶⁰ 따라서, 훈련된 전문 인력을 갖춘 의료기관에서는 병원내 소아 심장정지 발생을 예방하기 위해 소아 신속대응팀(또는 응급대응팀)을 구성하여 운영하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

참고문헌

1. Maconochie IK, Aickin R, Hazinski MF, et al. Pediatric Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A120–A55.
2. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
3. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
4. Holmberg MJ, Wiberg S, Ross CE, et al. Trends in Survival After Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest in the United States. *Circulation* 2019;140(17):1398–408.
5. Crewdson K, Lockey D, Davies G. Outcome from paediatric cardiac arrest associated with trauma. *Resuscitation* 2007;75(1):29–34.
6. Statistics Korea. Results of the cause of death statistics in 2019. Daejeon, Korea: Statistics Korea, 22 September 2020.
(https://www.kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/6/2/index.board?bmode=read&bSeq=&aSeq=385219&pageNo=1&rowNum=10&navCount=10&currPg=&searchInfo=&sTarget=title&sTxt=)
7. Marsch S, Tschan F, Semmer NK, Zobrist R, Hunziker PR, Hunziker S. ABC versus CAB for cardiopulmonary resuscitation: a prospective, randomized simulator-based trial. *Swiss Med Wkly* 2013;143:w13856.
8. Lubrano R, Cecchetti C, Bellelli E, et al. Comparison of times of intervention during pediatric CPR maneuvers using ABC and CAB sequences: a randomized trial. *Resuscitation* 2012;83(12):1473–7.
9. Van Vleet LM, Hubble MW. Time to first compression using Medical Priority Dispatch System

compression–first dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation protocols. *Prehosp Emerg Care* 2012;16(2):242–50.

10. Sutton RM, Case E, Brown SP, et al. A quantitative analysis of out–of–hospital pediatric and adolescent resuscitation quality—A report from the ROC epistry–cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;93:150–7.

11. Fukuda T, Ohashi–Fukuda N, Kobayashi H, et al. Conventional Versus Compression–Only Versus No–Bystander Cardiopulmonary Resuscitation for Pediatric Out–of–Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2016;134(25):2060–70.

12. Goto Y, Funada A, Goto Y. Conventional versus chest–compression–only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children with out–of–hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;122:126–34.

13. Zhang X, Zhang W, Wang C, Tao W, Dou Q, Yang Y. Chest–compression–only versus conventional cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children with out–of–hospital cardiac arrest: A systematic review and meta–analysis. *Resuscitation* 2019;134:81–90.

14. Naim MY, Burke RV, McNally BF, et al. Association of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation With Overall and Neurologically Favorable Survival After Pediatric Out–of–Hospital Cardiac Arrest in the United States: A Report From the Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival Surveillance Registry. *JAMA Pediatr* 2017;171(2):133–41.

15. Ashoor HM, Lillie E, Zarin W, et al. Effectiveness of different compression–to–ventilation methods for cardiopulmonary resuscitation: A systematic review. *Resuscitation* 2017;118:112–25.

16. Goto Y, Maeda T, Goto Y. Impact of dispatcher–assisted bystander cardiopulmonary resuscitation on neurological outcomes in children with out–of–hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population–based cohort study. *J Am Heart Assoc* 2014;3(3):e000499.

17. Akahane M, Ogawa T, Tanabe S, et al. Impact of telephone dispatcher assistance on the outcomes of pediatric out–of–hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 2012;40(5):1410–6.

18. Ro YS, Shin SD, Song KJ, Hong SO, Kim YT, Cho SI. Bystander cardiopulmonary resuscitation training experience and self-efficacy of age and gender group: a nationwide community survey. *Am J Emerg Med* 2016;34(8):1331–7.
19. Chang I, Ro YS, Shin SD, Song KJ, Park JH, Kong SY. Association of dispatcher-assisted bystander cardiopulmonary resuscitation with survival outcomes after pediatric out-of-hospital cardiac arrest by community property value. *Resuscitation* 2018;132:120–6.
20. Berg MD, Schexnayder SM, Chameides L, et al. Part 13: pediatric basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010 122:S862–S75.
21. de Caen AR, Maconochie IK, Aickin R, et al. Part 6: Pediatric Basic Life Support and Pediatric Advanced Life Support: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2015;132(Suppl 1):S177–203.
22. Maconochie IK, de Caen AR, Aickin R, et al. Part 6: Pediatric basic life support and pediatric advanced life support: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2015;95:e147–68.
23. Hoyme DB, Zhou Y, Girotra S, et al. Improved survival to hospital discharge in pediatric in-hospital cardiac arrest using 2Joules/kilogram as first defibrillation dose for initial pulseless ventricular arrhythmia. *Resuscitation* 2020;153:88–96.
24. Igarashi Y, Yokobori S, Yoshino Y, Masuno T, Miyauchi M, Yokota H. Prehospital removal improves neurological outcomes in elderly patient with foreign body airway obstruction. *Am J Emerg Med* 2017;35(10):1396–9.
25. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA. Airway pressure with chest compressions versus Heimlich manoeuvre in recently dead adults with complete airway obstruction. *Resuscitation* 2000;44(2):105–8.

26. Redding JS. The choking controversy: critique of evidence on the Heimlich maneuver. *Crit Care Med* 1979;7(10):475–9.
27. Kinoshita K, Azuhata T, Kawano D, Kawahara Y. Relationships between pre-hospital characteristics and outcome in victims of foreign body airway obstruction during meals. *Resuscitation* 2015;88:63–7.
28. Hartrey R, Bingham RM. Pharyngeal trauma as a result of blind finger sweeps in the choking child. *J Accid Emerg Med* 1995;12(1):52–4.
29. Kabbani M, Goodwin SR. Traumatic epiglottitis following blind finger sweep to remove a pharyngeal foreign body. *Clin Pediatr (Phila)* 1995;34(9):495–7.
30. Vilke GM, Smith AM, Ray LU, Steen PJ, Murrin PA, Chan TC. Airway obstruction in children aged less than 5 years: the prehospital experience. *Prehosp Emerg Care* 2004;8(2):196–9.
31. Heimlich HJ. A life-saving maneuver to prevent food-choking. *JAMA* 1975;234(4):398–401.
32. Calkins CM, Bensard DD, Partrick DA, Karrer FM. A critical analysis of outcome for children sustaining cardiac arrest after blunt trauma. *J Pediatr Surg* 2002;37(2):180–4.
33. Perron AD, Sing RF, Branas CC, Huynh T. Predicting survival in pediatric trauma patients receiving cardiopulmonary resuscitation in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care* 2001;5(1):6–9.
34. Shibahashi K, Sugiyama K, Hamabe Y. Pediatric Out-of-Hospital Traumatic Cardiopulmonary Arrest After Traffic Accidents and Termination of Resuscitation. *Ann Emerg Med* 2020;75(1):57–65.
35. Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, Oteir A, Bernard S, Smith K. A descriptive analysis of the epidemiology and management of paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;140:127–34.
36. Nypaver M, Treloar D. Neutral cervical spine positioning in children. *Ann Emerg Med* 1994;23(2):208–11.
37. Maconochie IK, Bingham R, Eich C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2015;95:223–48.

38. Nevins EJ, Bird NTE, Malik HZ, et al. A systematic review of 3251 emergency department thoracotomies: is it time for a national database? *Eur J Trauma Emerg Surg* 2019;45(2):231–43.
39. Moskowitz EE, Burlew CC, Kulungowski AM, Bensard DD. Survival after emergency department thoracotomy in the pediatric trauma population: a review of published data. *Pediatr Surg Int* 2018;34(8):857–60.
40. Seamon MJ, Haut ER, Van Arendonk K, et al. An evidence-based approach to patient selection for emergency department thoracotomy: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;79(1):159–73.
41. Moore HB, Moore EE, Bensard DD. Pediatric emergency department thoracotomy: A 40-year review. *J Pediatr Surg* 2016;51(2):315–8.
42. Duron V, Burke RV, Bliss D, Ford HR, Upperman JS. Survival of pediatric blunt trauma patients presenting with no signs of life in the field. *J Trauma Acute Care Surg* 2014;77(3):422–6.
43. Travers AH, Perkins GD, Berg RA, et al. Part 3: Adult Basic Life Support and Automated External Defibrillation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2015;132(16 Suppl 1):S51–83.
44. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2015;95:1–80.
45. Mehta SR, Srinivasan KV, Bindra MS, Kumar MR, Lahiri AK. Near drowning in cold water. *J Assoc Physicians India* 2000;48:674–6.
46. Szpilman D, Soares M. In-water resuscitation—is it worthwhile? *Resuscitation* 2004;63(1):25–31.
47. Modell JH, Idris AH, Pineda JA, Silverstein JH. Survival after prolonged submersion in freshwater in Florida. *Chest* 2004;125(5):1948–51.
48. Graf WD, Cummings P, Quan L, Brutocao D. Predicting outcome in pediatric submersion

victims. *Ann Emerg Med* 1995;26(3):312–9.

49. Spaite DW, Conroy C, Tibbitts M, et al. Use of emergency medical services by children with special health care needs. *Prehosp Emerg Care* 2000;4(1):19–23.

50. Huh JW, Lim C–M, Koh Y, et al. Activation of a medical emergency team using an electronic medical recording-based screening system. *Crit Care Med* 2014;42(4):801–8.

51. Subbe CP, Kruger M, Rutherford P, Gemmel L. Validation of a modified Early Warning Score in medical admissions. *QJM* 2001;94(10):521–6.

52. Agulnik A, Mora Robles LN, Forbes PW, et al. Improved outcomes after successful implementation of a pediatric early warning system (PEWS) in a resource-limited pediatric oncology hospital. *Cancer* 2017;123(15):2965–74.

53. Humphreys S, Totapally BR. Rapid Response Team calls and unplanned transfers to the pediatric intensive care unit in a pediatric hospital. *Am J Crit Care* 2016;25(1):e9–e13.

54. Lambert V, Matthews A, MacDonell R, Fitzsimons J. Paediatric early warning systems for detecting and responding to clinical deterioration in children: a systematic review. *BMJ Open* 2017;7(3):e014497.

55. Brydges N, Mundie T. Rapid Response Team (RRT) in Critical Care. In: Nates J, Price K, eds. *Oncologic Critical Care*: Springer, Cham; 2020:87–94.

56. Maharaj R, Raffaele I, Wendon J. Rapid response systems: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2015;19(1):254.

57. Bonafide CP, Localio AR, Roberts KE, Nadkarni VM, Weirich CM, Keren R. Impact of rapid response system implementation on critical deterioration events in children. *JAMA Pediatr* 2014;168(1):25–33.

58. Lyons PG, Edelson DP, Churpek MM. Rapid response systems. *Resuscitation* 2018;128:191–7.

59. Kutty S, Jones PG, Karels Q, Joseph N, Spertus JA, Chan PS. Association of Pediatric Medical Emergency Teams With Hospital Mortality. *Circulation* 2018;137(1):38–46.

60. Kolovos NS, Gill J, Michelson PH, Doctor A, Hartman ME. Reduction in Mortality Following Pediatric Rapid Response Team Implementation. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19(5):477–82.

제 7장

소아 전문소생술

박준동¹, 강은경², 김도균³, 김진태⁴, 나재윤⁵, 박보배⁶, 염석란⁷, 오주석⁸, 이지숙⁹, 장원경¹⁰, 정수인¹¹, 정진희³, 최유현¹, 최재연¹², 차경철¹³, 김영민¹⁴, 김한석¹, 이미진¹⁵, 나상훈¹⁶, 조규종¹⁷, 김애란¹⁸, 정성필¹⁹, 황성오¹³, 2020년 심폐소생술 가이드라인 소아소생술 위원회

서울대학교 의과대학 소아과학교실¹, 동국대학교 의과대학 소아과학교실², 서울대학교 의과대학 응급의학교실³, 서울대학교 의과대학 마취통증의학교실⁴, 한양대학교 의과대학 소아과학교실⁵, 서울대학교병원 간호부문⁶, 부산대학교 의과대학 응급의학교실⁷, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실⁸, 아주대학교 의과대학 응급의학교실⁹, 울산대학교 의과대학 소아과학교실¹⁰, 아주대학교 의과대학 소아과학교실¹¹, 가천대학교 의과대학 응급의학교실¹², 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹³, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실¹⁴, 경북대학교 의과대학 응급의학교실¹⁵, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁶, 한림대학교 의과대학 응급의학교실¹⁷, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실¹⁸, 연세대학교 의과대학 응급의학교실¹⁹

I.

2020년 소아 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 소아 전문소생술 순서

2020년 소아 전문소생술 가이드라인은 소아 전문소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학 적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 소아 전문소생술 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다.¹ 임상적 중 요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하 였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 하였다

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐 구분되었다(표 2 참조).² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행 에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).^{2,3} 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험보다 매우 큰 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만, 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III(harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 소아 전문소생술 가이드라인 주요 변경 사항

2020년 소아 기본소생술 가이드라인 중 2015년 가이드라인과 비교하여 변경된 내용은 다음과 같다.

1) 조기 경고 체계

영아와 소아를 진료하는 병원에서는 조기 경고 체계(pediatric early warning system: PEWS)를 사용하는 것을 제안한다(권고 등급 I, 근거수준 B-NR).

2) 신속대응팀

환자 안전과 관련하여 병원의 상황에 따라 소아 환자를 대상으로 한 신속대응팀을 구성하여 운영하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

3) 침습적 혈역학적 감시

영아나 소아의 심폐소생술에서 혈류역학을 유지하는 것이 중요하지만 수축기와 이완기 혈압을 유지하기 위하여 침습적인 혈역학적 감시를 사용하면서 심폐소생술을 시행하는 것을 반대하거나 권장할 만한 충분한 근거가 없다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

4) 제세동 용량

소아·청소년 제세동 가능 심장정지에서 첫 번째 제세동 용량은 2 J/kg를 권고한다(권고 등급 I, B-NR).

5) 체외막산소공급 장치(extracorporeal membrane oxygenation: ECMO)를 이용한 심폐소생술

병원내 소아 심장정지에서 전통적인 소생술에 반응하지 않는 경우, 체외막산소공급 장치에 경험이 있는 의료진이 있고 병원 상황이 가능하다면 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

6) 심근염 또는 확장성 심근병증으로 인한 심장정지

심근염 또는 확장성 심근병증으로 인한 심장정지 또는 심장정지가 임박한 소아는 체외막산소공급 장치, 심실보조장치(ventricular assistant device: VAD) 등 기계순환보조 치료가 가능한 병원으로 이송하여 조기에 시행하는 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

7) 심장정지 중 예후 예측 인자

병원내 심장정지 환자의 경우 충격불필요리듬이면 가슴압박 시작 후 에피네프린을 5분 이내 투여하여야 한다(권고 등급 I, 근거수준 C-LD).

병원내 심장정지 영아에 대한 심폐소생술 중 순환회복을 예측하기 위해 파형 호기말 이산화탄소 분압 감시를 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

8) 소생후 치료 과정에서 혈중 산소 및 이산화탄소 분압의 목표지향적 처치

심폐소생술에서 회복된 영아와 소아에 대하여 의료진은 동맥혈 산소분압과 이산화탄소 분압을 측정하고 환자 상태에 따라 적절한 목표를 설정하여 관리하며 특별한 이유가 없으면 정상 동맥혈 산소분압과 이산화탄소 분압을 유지할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD).

9) 목표체온유지요법

심장정지 후 자발순환이 회복된 혼수상태의 영아와 소아에 대하여 목표체온유지요법을 시행할 경우 32~34℃ 또는 36~37.5℃ 사이의 목표 온도를 설정할 것을 권고하며, 발열이 생기지 않도록 적극적으로 체온을 감시해야 한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD).

10) 심장정지 회복 후 예후 예측 인자

병원밖 및 병원내 심장정지 후 순환회복된 소아의 신경학적 예후를 예측하기 위하여 경련 발생을 감시하거나 혈중 신경특이에놀라제, S-100 단백질, 젖산염, delta neutrophil index와 같은 생화학지표 검사와 확산강조 자기공명영상(diffusion weighted image MRI)을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

병원밖 및 병원내 심장정지 후 순환회복 된 소아의 생존퇴원과 단기 생존을 예측하기 위해 혈압 감시와 delta neutrophil index 검사 결과를 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

3. 생존사슬

생존사슬(chain of survival)은 심장정지가 발생한 사람의 생명을 구하기 위해 실행되어야 하는 가장 중요한 요소의 연결고리이다(그림 44). 심장정지가 발생했을 때 생존사슬의 각 요소가 효과적으로 실행되면 심장정지 환자의 생존 가능성이 커진다. 우리나라에는 병원내 심장정지에 대한 체계적 조사 또는 보고 체계가 없어서 병원내 심장정지의 실태와 생존율에 대한 자료가 없는 실정이며 특히 영아와 소아에 대한 정보가 매우 적다. 각 병원은 병원에 내원하거나 입원해 있는 환자를 심장정지로부터 예방하고 치료하려는 방안을 마련해야 한다. 이를 위하여 병원은 환자의 증상 또는 징후를 감시하여 심장정지의 조기 경고 징후(early warning signs)를 찾아내고 환자의 위기 상황에 대처할 수 있는 신속대응팀(rapid response team)을 운영할 필요가 있다.^{4,5}



그림 44. 소아 병원내 심장정지 생존사슬

* 초기 인지와 소생팀 호출-고품질 심폐소생술-제세동-소아 전문소생술-소생후 치료

4. 소아 전문소생술 순서

소아 심장정지의 전문소생술 순서는 다음과 같다(그림 45-47, 표 6)

의료종사자의 경우, 소아가 반응이 없고 숨을 쉬지 않는 것(혹은 비정상 호흡, 심장정지 호흡)을 발견하면 목격자는 바로 도움을 요청하고, 주변인을 통해 제세동기를 가져오도록 하고 목격자는 맥박과 호흡을 10초 이내 확인하고 맥박이 없고 호흡이 없으면 심폐소생술을 시작한다(이때 산소가 있으면 투여한다). 심전도 모니터나 자동제세동기의 패드를 가능하면 빨리 부착한다. 성인과 마찬가지로 소생술을 하는 동안 고품질의 소생술이 시행되어야 한다. 즉 가슴압박을 적절한 깊이(가슴 두께의 최소 1/3 이상 또는 영아는 4cm, 소아는 4~5cm 깊이)와 속도(최소 분당 100~120 회/분)로 하고 압박마다 흉곽이 완전하게 이완되도록 하며 과도한 환기를 피하고 가슴압박 중단을 최소화해야 한다. 호흡 보조는 구조자의 수에 따라 1인 구조자만 있는 경우 가슴압박:인공호흡을 30:2로 시행하고, 2인 구조자의 경우 가슴압박:인공호흡을 15:2로 시행한다. 전문기도가 확보되면 2명의 구조자는 호흡 시 가슴압박을 멈추는 2

인 심폐소생술 주기를 계속할 필요가 없다. 대신에 가슴압박을 분당 100~120회 이상의 속도로 지속적으로 하고 호흡을 담당하는 구조자는 매 6초마다 한 번의 호흡을 시행하여 분당 10회가 되도록 한다. 두 명 이상의 구조자가 2분마다 압박 피로와 가슴압박의 속도와 질의 저하를 막기 위하여 역할을 교대한다.

심폐소생술을 하는 동안 자동제세동기나 일반제세동기가 도착하면 소아의 심장 리듬을 심전도로 판단한다. 만일 자동제세동기를 사용하는 경우에는 기계가 자동으로 충격필요리듬(심실세동 또는 무맥성 심실빈맥)인지 혹은 충격불필요리듬(무수축 또는 무맥성 전기활동)인지를 알려 준다. 잠시 가슴압박을 중단하는 것이 리듬 확인을 위해 필요할 수 있다. 질식성 심장정지에서는 무수축이나 넓은 QRS 서맥이 가장 흔하다. 영아나 소아에게 심실세동이나 무맥성 전기활동의 빈도는 흔하지 않지만, 나이가 많은 소아에게 나타나는 갑작스러운 심장정지에서는 심실세동에 의한 심장정지 가능성이 더 크다.

코로나19 유행 시에는 심장정지로 확인이 된 경우, 심폐소생술 참여 전에 개인 보호 장비를 착용하고, 기계 심폐소생술 장치가 있는 경우 사용을 고려하며, 소생술 참여 인원을 최소화하면서 소생술 필요 여부를 판단한 후에 심폐소생술을 시작한다. 개인 보호구 착용은 에어로졸 생성 처치(가슴압박, 기도 확보, 환기)인 경우에는 공기격리용 보호구(airborne-precaution personal protection equipment: PPE)를 착용해야 하며, 제세동 시에는 비말 격리용 보호구(fluid resistant surgical mask, eye protection, short-sleeved apron and gloves) 정도를 착용한다. 심폐소생술을 시작하고 심전도 리듬을 분석한 후 충격필요리듬이면 제세동을 1회 시행하고 기관내삽관을 시행하며, 충격불필요리듬이면 리듬 확인 후 바로 기관내삽관을 시행하고 이후 심폐소생술을 지속한다. 기관내삽관 시에는 가슴압박을 중지하며 가능한 비디오 후두경을 사용하고, 필터가 달린 인공호흡기를 연결한다. 기관내삽관 지연 시에는 성문상 기도기를 삽입하거나 백마스크와 폐파필터를 사용하여 기도를 유지한다.^{6,7} 심폐소생술을 마친 후 구조자는 감염관리수칙에 따라 가능한 한 빨리 비누와 물로

손을 깨끗이 씻거나 알코올 기반의 손 소독제로 손을 소독하여야 하며 옷을 갈아입을 것을 권장한다.

또한, 지역 보건당국에 연락하여 코로나19 검사와 자가격리 여부 등을 확인한다.

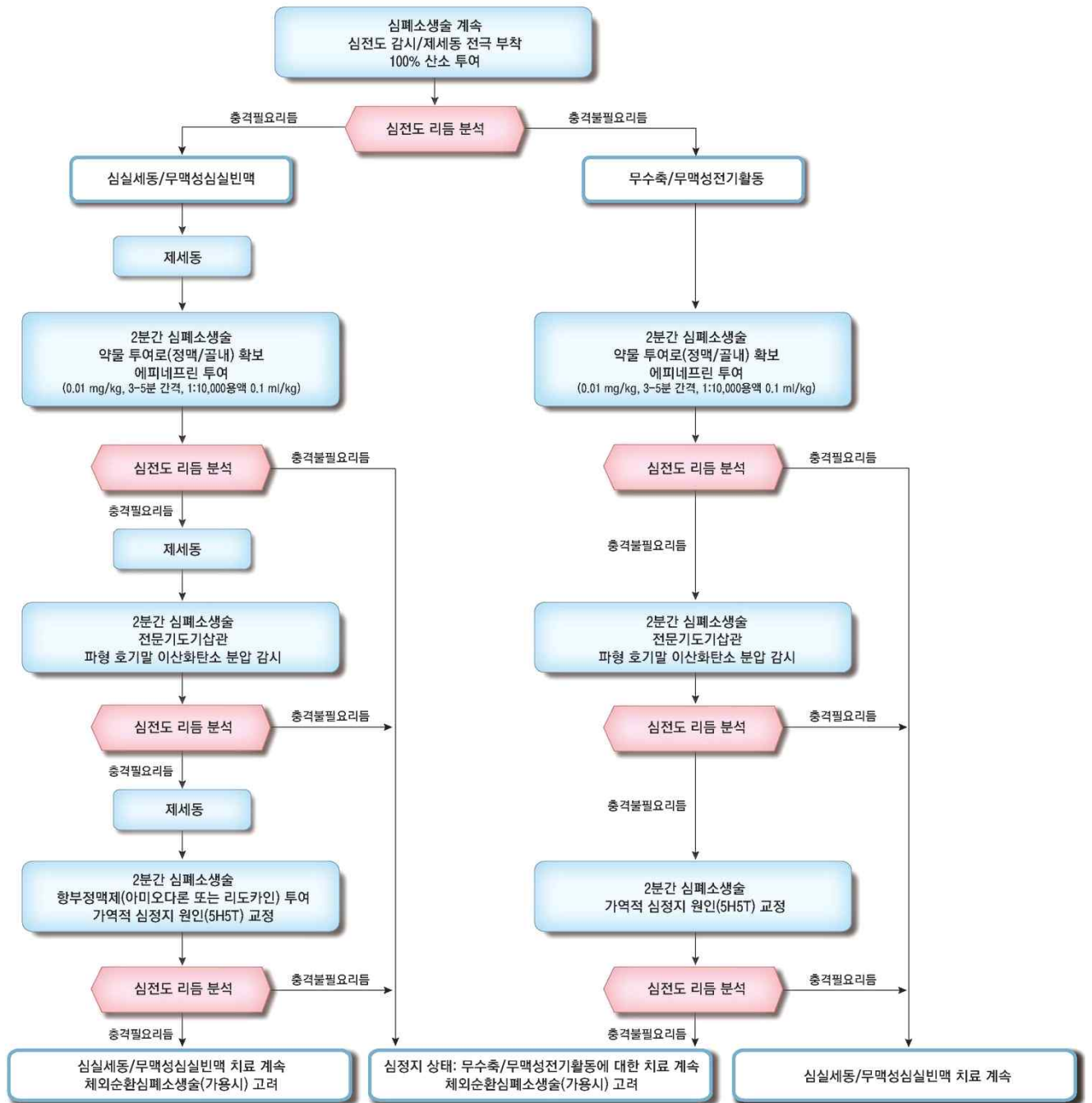


그림 45. 소아 심장정지 전문소생술 순서(병원 전문소생술 팀용)

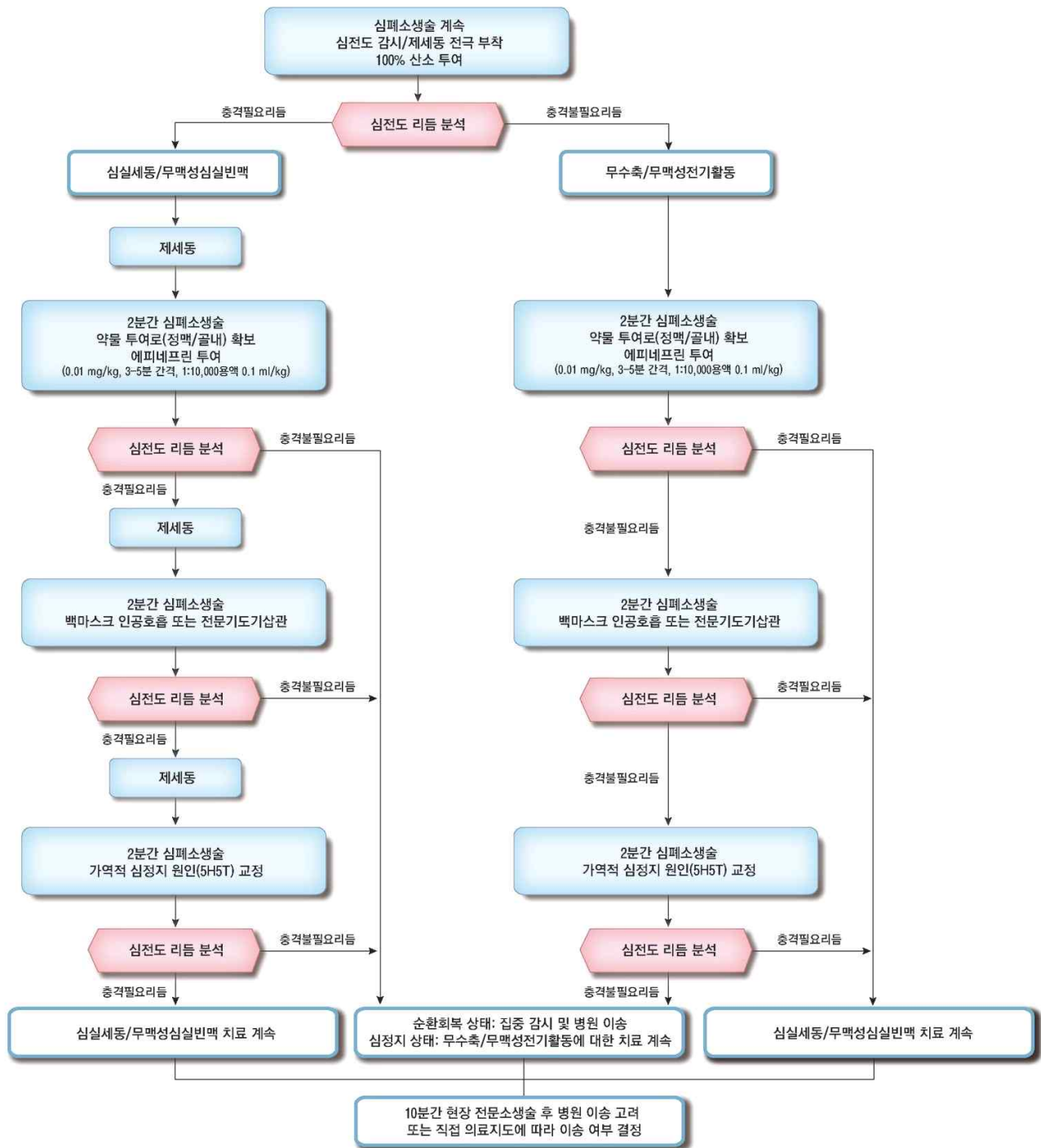


그림 46. 소아 심장정지 전문소생술 순서(현장 전문소생술 팀용)

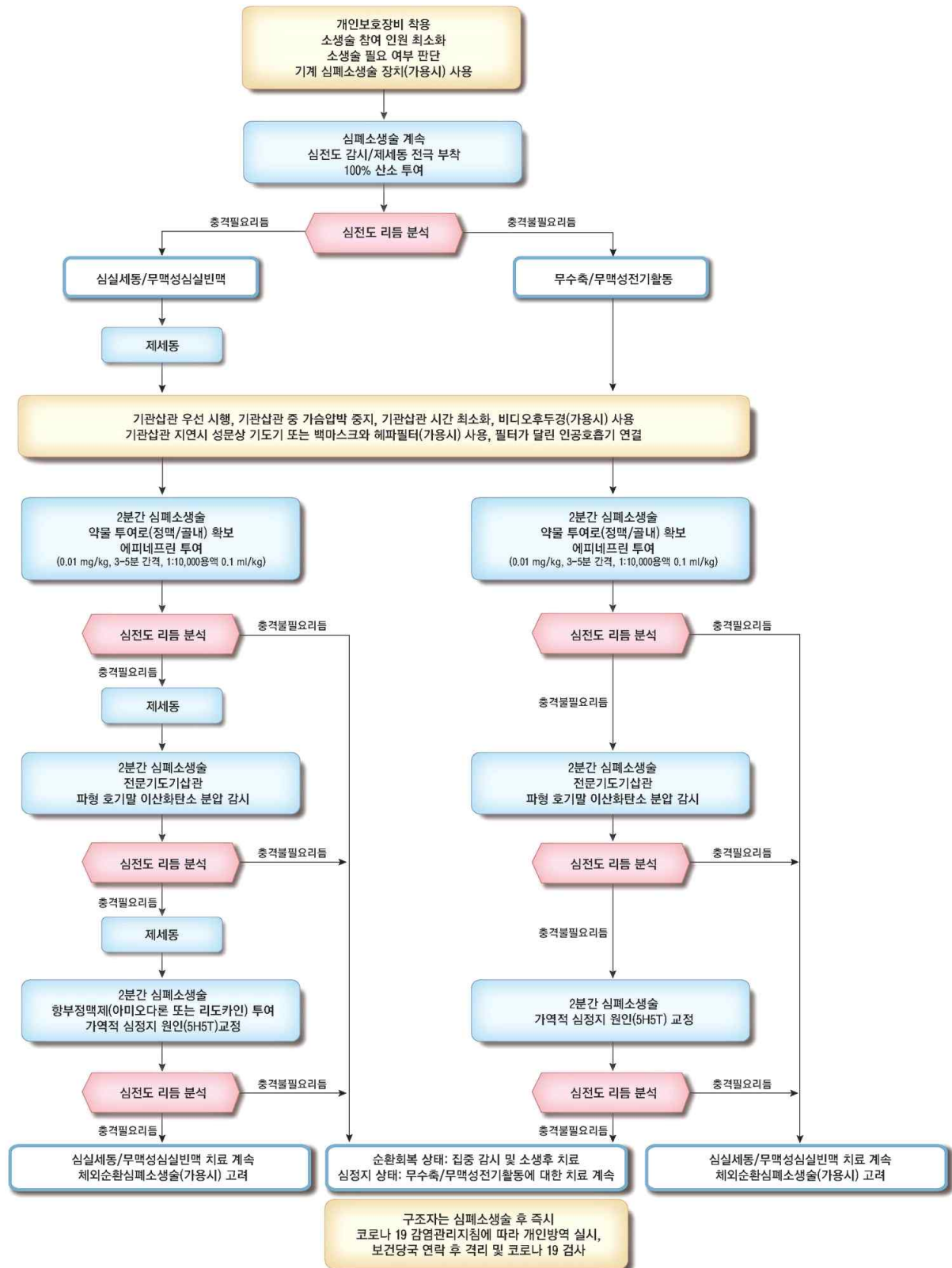


그림 47. 코로나19 유행 시 소아 심장정지 전문소생술 순서(병원 전문소생술 팀용)

표 6. 소아 심장정지 환자의 전문소생술 참고표

치료		내용
심전도 리듬 분석		2분간 가슴압박 후 심전도 리듬 확인과 압박자 교대
제세동		제세동 처음에 2 J/kg, 두 번째 4 J/kg, 이후 4 J/kg 이상 성인 최대 용량 이하
가슴압박		최소 분당 100~120회의 속도로 압박, 15:2의 가슴압박:인공호흡의 비율로 시행 전후 가슴 두께의 최소 1/3 이상 또는 영아 4cm, 소아 4~5cm의 깊이로 압박
주사로 확보		전문기도유지술보다 우선하여 정맥 또는 골내 주사로 확보
전문기도유지술과 인공호흡		전문기도유지술이 시행되기 전까지는 백마스크 환기법 전문기도유지술로 기도가 확보되면 6초에 1회(분당 10회) 호흡 및 과 환기 금지
약물투여	모든 심장정지 환자	에피네프린: 3~5분마다 0.01 mg/kg(1:10,000 용액 0.1 mL/kg)
	제세동 후에도 지속하는 심실세동/무맥성 심실빈맥	아미오다론: 5 mg/kg 일시에 투여, 불응성 심실세동/빈맥의 경우 최대 2번 투여 가능 리도카인: 1 mg/kg 정맥 또는 골내 투여
심장정지 원인 조사 및 치료		저혈량혈증, 저산소혈증, 산증, 저/고칼륨혈증, 저체온, 폐색전증, 심근경색, 긴장성 기흉, 심장눌림증, 약물중독

1) 충격불필요리듬(무수축/무맥성 전기활동)

무맥성 전기활동이란 조직화된 전기활동이 있지만, 흔히 느리고 넓은 QRS를 보이면서 맥박이 만져지지 않는 경우이다. 조금 드물지만, 갑작스러운 심박출량의 장애가 발생하였을 때 초기에는 정상 심장박동을 보이면서 맥박이 없고 조직 관류가 나쁜 경우가 있다. 이 부류는 이전에 전기기계 분리(electromechanical dissociation, EMD)로 알려졌던 것으로 무수축보다는 더 가역적일 수 있다. 가능한

한 가슴압박 중단을 최소화하면서 소생술을 계속한다. 두 번째 구조자는 혈관로를 확보하고 에피네프린 0.01 mg/kg(1:10,000 용액으로 0.1 mL/kg)을 소생술이 지속되는 동안에 투여한다. 같은 용량을 매 3-5분마다 반복하여 투여한다. 고용량 에피네프린은 생존율 향상에 이점은 없고 질식에서는 오히려 해로울 수 있다.⁸⁻¹⁰ 고용량 에피네프린은 베타 차단제 과다 사용과 같은 예외적인 상황에서 고려될 수 있다.

전문기도가 확보되었다면, 첫 번째 구조자는 지속적으로 가슴압박을 최소 분당 100~120회의 속도로 중단 없이 시행한다. 두 번째 구조자는 매 6초에 한 번씩 호흡하도록 한다(분당 약 10회). 압박으로 인한 피로로 인해 압박의 질과 속도가 떨어지지 않도록 가슴압박을 하는 구조자는 대략 매 2분 간격으로 가슴압박 중단을 최소화하면서 교대한다. 또한, 이 교대 시기에 가슴압박 중단을 최소화하면서 리듬을 확인한다. 만약 리듬이 제세동이 불필요한 상황에 해당한다면 소생술을 계속하고 에피네프린을 투여하며 자발순환회복의 증거가 있거나 혹은 소생술 중단을 결정할 때까지 지속한다. 만약 리듬이 제세동이 필요한 경우로 바뀌면 언제든지 제세동을 시행하고 즉시 가슴압박을 다시 시작하며 2분간 심폐소생술 시행 후 리듬을 다시 확인한다. 가슴압박과 제세동 시행 사이의 시간 간격을 최소화하고 또한 제세동 시행 후에 가슴압박을 다시 시작할 때까지의 시간도 최소화하도록 한다.

충격불필요리듬에서는 소아 심장정지의 가역적 원인을 교정하기 위해 5H(hypothermia, hypoxia, hypovolemia, hypokalemia/hyperkalemia, hydrogen ion-acidosis)와 5T(tamponade, thrombosis-pulmonary or cardiac, toxin, tension pneumothorax, trauma) 여부를 찾아 확인이 되면 교정한다.

2) 충격필요리듬(심실세동/무맥성 심실빈맥)

제세동은 17~20% 정도의 생존율을 보이는 심실세동의 최종 치료 방법이다.¹¹ 생존율은 이차성 심실

세동보다 원발성 심실세동에서 더 높다. 성인의 심장정지에서 소생술과 제세동을 하지 않는 경우 생존 확률이 1분마다 7-10%가 감소하는 것으로 알려져 있다.¹² 심장정지 발생 초기부터 가슴압박 중단을 최소화하면서 고품질의 소생술을 시행한 경우 생존율이 높다. 구조자가 가슴압박과 제세동 사이의 시간을 최소화할 때 제세동의 결과가 가장 좋아진다. 따라서 구조자는 가슴압박을 멈춘 후부터 제세동 시행 사이의 시간을 최소화 하도록 미리 철저히 준비해야 하며 제세동 시행 후에는 즉시 가슴압박을 다시 시작해야 한다.

구조자들은 제세동기가 준비되어 제세동이 가능할 때까지 소생술을 시행한다. 가슴압박은 전문기도 확보 전까지는 인공호흡할 때, 심장 리듬을 확인할 때, 제세동을 시행할 때만 중단하는 것이 이상적이다. 제세동 필요 리듬이 계속된다면 리듬 확인 후에도 제세동기가 충전될 때까지 바로 가슴압박을 시작하여 계속한다.

충격필요리듬이 확인되면, 첫 번째 제세동을 2 J/kg의 용량으로 가능한 한 빨리 시행하고 즉시 가슴압박과 함께 소생술을 재개한다. 첫 번째 제세동이 실패한 경우에 바로 연속하여 증량된 에너지로 제세동을 시행하는 것은 장점이 없고 가슴압박의 재개가 즉각적인 추가 제세동보다 더 중요하다. 심폐소생술이 관상동맥의 관류를 가능하게 하고 다음 전기충격으로 제세동이 될 가능성을 높인다. 가슴압박과 제세동 시행 간격 그리고 제세동 시행과 제세동 후 가슴압박 재개까지의 간격을 최소화하는 것이 매우 중요하다. 약 2분간 심폐소생술을 지속한다. 충분한 구조자가 있다면 정맥로(또는 골내 주사로)를 확보한다. 2분의 소생술 후 리듬을 확인하고 제세동기 용량을 올려서 4 J/kg로 충전한다. 충격필요리듬이 지속된다면 4 J/kg 용량으로 제세동을 시행한다. 만약 충격불필요리듬이라면 무수축/무맥성 전기활동에 대한 흐름도를 따른다. 제세동 후에 즉각 가슴압박을 재개한다. 약 2분간 소생술을 계속한다. 소생술 동안에 에피네프린을 0.01 mg/kg(1:10, 000 용액 0.1 mL/kg) 매 3~5분마다 투여한다. 세 번째 구조자가 있다면 리듬 확인 전에 에피네프린을 준비해서 가능하면 빨리 투여할 수 있도록 한다. 리듬 확인 직전에 제

세동기를 담당한 구조자는 제세동기의 충전을 준비한다(4 J/kg 이상 최대 10 J/kg, 혹은 성인 용량 중에서 적은 것으로 사용한다). 심전도 리듬을 확인한 후 제세동 필요 리듬이면 제세동을 시행한다. 제세동이 되지 않았다면 소생술을 지속하는 동안 아미오다론 또는 리도카인을 투여한다. 언제든 충격불필요리듬이 되면 충격불필요리듬의 심장정지 흐름도를 따른다. 제세동 후 2분 뒤 리듬을 확인하여 조직화된 리듬이 보인다면 관류 리듬인지를 판단하기 위해 맥박을 확인한다. 가슴압박 동안 호기말 이산화탄소 분압이 급격히 증가하거나 관찰 중인 동맥 파형에서의 상승이 보인다면 자발순환회복을 예상할 수 있다. 소아 심장정지에서 반드시 호기말 이산화탄소 분압을 측정하여 가슴압박의 방법을 조정할 필요는 없다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD). 다만 호기말 이산화탄소 분압을 측정할 수 있는 상황에서는 사용하는 것이 도움이 될 수 있다. 맥박이 확인되어 자발순환회복이 되었다면, 소생술 후 치료를 계속한다. 제세동 된 후 다시 심실세동이 재발하면 심폐소생술을 다시 시작하고 재발 직전에 제세동이 성공한 에너지 용량으로 제세동을 다시 시도한다. 5H와 5T 등 다른 가역적인 원인이 있으면 찾아서 교정한다.

비틀림 심실빈맥은 다형성 심실빈맥으로 QT 간격 연장과 관련이 있다. QT 간격 연장은 선천성 혹은 약물의 독성에 의해 나타날 수 있고 1A 항부정맥제(프로카인아미드, 퀴니딘, 디소피라미드) 또는 III 항부정맥제(소탈룰, 아미오다론), 삼환성항우울제, 디곡신 혹은 약물상호작용과 관련이 있다.^{13,14} 비틀림 심실빈맥은 전형적으로 빠르게 심실세동이나 무맥성 심실빈맥으로 진행된다. 따라서 무맥성 심실빈맥이나 심실세동 심장정지가 발생하면 구조자는 심폐소생술을 시작하여야 하고 제세동을 시행한다. 원인에 상관없이 빠르게(수 분에 걸쳐서) 마그네슘(25~50 mg/kg, 최대 일 회 용량 2g)을 정맥 내로 투여한다.

II.

소아 전문소생술



1. 전문기도유지술

1) 산소

소아 나이에서 산소 투여 시에 적절한 농도에 대한 근거는 아직 불충분하지만, 소생술 중에는 100% 산소를 사용할 수 있다. 자발순환이 회복된 후 적절한 장비가 있다면 동맥혈 산소포화도를 94% 이상 99% 이하로 유지되도록 산소투여량을 조절한다. 동맥혈 산소분압이 80-500mmHg 사이 어느 값이라도 산소포화도 수치는 100%로 나올 수 있으므로 산소포화도를 100%까지 높이는 것은 좋지 않다. 하지만 저산소혈증은 반드시 피해야 하며 조직에 적절한 산소를 공급하려면 산소포화도 이외에 헤모글로빈 수치와 심박출량도 적절하게 유지되어야 한다.

2) 산소포화도 측정

자발순환이 회복된 후 저산소혈증의 발생 여부를 확인하려면 맥박산소포화도 측정기를 사용하여 산소포화도를 측정한다. 하지만 말초 관류가 나쁘거나 일산화탄소 중독 환자 또는 메트헤모글로빈혈증 환자에 대해서는 맥박산소측정기에 의한 산소포화도 측정이 정확하지 않을 수 있다.¹⁵

3) 입인두 기도기와 코인두 기도기

입인두 기도기는 혀와 연구개가 기도를 눌러 폐쇄가 발생했을 때 기도를 유지하는 데에 도움을 준다. 입인두 기도기는 구토를 유발할 수 있으므로 의식이 있는 소아에게 사용해서는 안 된다. 입인두 기도기

는 모든 나이의 소아 환자에게 사용할 수 있다. 입인두 기도기의 길이는 입에서 아래턱 각까지의 거리가 적당하며 환자에 따른 적절한 크기를 선택하기 위해서는 훈련과 경험이 요구된다. 부적절한 크기를 선택하게 되면 혀와 인두 후벽이 분리되지 않을 뿐 아니라 기도폐쇄가 초래될 수도 있다. 적절한 크기의 기도기는 기도기의 날개로부터 끝단까지의 길이가 환자의 앞니로부터 아래턱 각까지의 거리와 같다.

코인두기도기는 구역 반사가 있는 환자들의 상기도 폐쇄를 완화해 주고자 사용하는 연재질의 고무나 플라스틱 제제의 관이다. 적당한 길이를 선택하는 것이 중요하고 콧구멍에서 귀의 이주(tragus)까지의 길이가 적당하다. 너무 작은 지름의 코인두기도기는 분비물로 막힐 수 있으므로 자주 흡인을 해주어야 한다.

4) 백마스크 호흡

병원 밖에서 소생술을 할 경우에도 짧은 시간 동안에는 백마스크 호흡법이 기관내삽관만큼 효과적이며 때에 따라 더 안전할 수 있다.¹⁶ 병원 도착 이전, 특히 짧은 이송 동안에는 영아나 소아의 환기와 산소화를 위해 백마스크 호흡법으로 호흡을 유지하는 것이 좋다. 적절한 크기의 마스크를 선택하고 기도를 적절하게 연 후, 마스크와 얼굴이 완전히 밀착되게 한다. 백마스크 호흡 중에는 환기의 적절성을 평가하는 등 인공호흡과 연관된 사항을 확인할 수 있도록 교육하는 것이 중요하다. 백마스크 호흡 중에는 흉곽이 적절하게 올라올 수 있는 정도의 호흡량과 압력을 유지한다. 과 환기는 흉곽 내 압력을 높여 정맥 환류를 감소시킴으로써 심박출량이 감소하여 뇌 및 심장으로의 혈류를 감소시킨다.¹⁷ 또한, 과환기는 말초 기도의 폐색이 있는 환자에게는 공기 저류를 일으키고 폐에 압력손상을 일으킬 수 있다. 과도한 흡기압은 위 팽창을 일으켜 위 내용물의 역류와 폐 흡인을 일으킬 수 있다. 전문기도기가 삽관되어 있지 않은 영아와 소아에게는 30회(2인 구조인 경우 15회) 압박 후 두 번 호흡한다. 호흡하는 동안에는 압박을 멈추며 호흡은 일 회당 약 1초에 걸쳐 실시한다. 만일 전문기도기가 삽관된

경우에는 가슴압박을 중단하지 않고 6초에 한번(분당 10회) 호흡한다. 만일 자발순환이 유지되지만, 호흡이 적절하지 않으면 3~5초에 한 번씩(분당 12~20회) 호흡만 한다. 환자의 나이가 어린일수록 호흡수를 더 빨리한다.

5) 2인 백마스크 호흡

구조자가 2인일 경우에는 2인 백마스크 호흡법을 시행한다. 환자가 기도 폐색이 있거나 폐의 유순도가 낮거나 구조자가 백과 환자의 얼굴을 완전히 밀착시키지 못할 때는 2인 백마스크 호흡법이 더 도움이 된다.¹⁸ 2인 백마스크 호흡을 할 때는 한 명의 구조자가 두 손으로 환자의 턱을 들면서 마스크를 얼굴에 밀착시키고 다른 구조자가 백을 압박한다. 이때 두 구조자는 환자의 흉곽이 적절히 팽창되는지를 확인해야 한다.

6) 위 팽창

위가 팽창되면 적절한 환기를 방해하게 되고 위 내용물의 역류와 흡인 때문에 호흡부전이 악화할 수 있다. 위 팽창을 감소시킬 방법은 다음과 같다.

- ① 호흡을 천천히 하고 흉곽의 팽창이 보이는 정도까지만 호흡량을 주어 과도한 흡기압이 발생하지 않게 한다.
- ② 코위관 또는 입위관을 넣는다. 위식도 괄약근이 약해져서 위 내용이 역류하는 것을 방지하기 위해 코위관/입위관은 기관내삽관 이후에 넣는다. 만일 환자가 위루관을 가지고 있다면 마개를 열어 놓아 위 팽창을 방지한다.

7) 성문상 기도기

성문상 기도기는 성문 위에 위치시켜 환기를 도와주는 장비로, 후두 마스크 기도기가 대표적이다. 후두 마스크 기도기는 끝부분에 마스크 모양의 관이 후두 위를 덮어 환기할 수 있도록 만든 관이다. 삽관 시 하 인두의 저항이 느껴질 때까지 넣은 후 커프를 확장한다. 이 기구는 기관내삽관보다 환자의 움직임에 훨씬 더 취약하므로, 특히 환자를 움직여야 하는 상황에서는 빠지지 않도록 고정 등에 특별히 주의해야 한다. 소아 심장정지의 원인이 호흡기 문제와 관련이 있을 수 있으므로 반드시 입안 또는 기도에 이물이 있는지 확인하는 것이 중요하다. 이물을 확인하는 과정 없이 후두 마스크 기도기의 삽관을 시도하는 것은 여러 가지 합병증을 초래할 수 있다. 백마스크 호흡이 안 되거나, 기관내삽관이 안되면 경험 많은 시술자가 후두 마스크 기도기를 사용할 수 있다.¹⁹⁻²⁷ 영아의 경우는 소아보다 합병증의 빈도가 높은 것으로 알려져 있다.

8) 기관내삽관

영아와 소아의 기관내삽관을 위해서는 많은 수련이 필요한데, 이는 소아의 기관 구조가 성인과 다르기 때문이다. 수련을 받은 기간과 기관내삽관의 성공률 및 합병증 발생률은 의미 있는 연관성이 있다. 어린이의 기도는 성인과 다르다. 혀가 상대적으로 더 크고 기도가 더 유순하다. 후두개 입구가 좀 더 높으면서 목의 앞쪽에 있다. 그리고 성인보다 비율적으로 기도가 더 작으므로 매우 숙련된 시술자가 기관내삽관을 해야 한다.

(1) 소아용 기관 튜브의 크기

특히 키가 작은 경우까지도 포함해서 체중 35kg까지의 소아에 대해서는 나이에 기초한 공식보다 키에 기초한 기관 튜브의 크기 결정이 더 정확하다(한국 소아소생술 테이프 등).^{28,29} 커프 유무와

관계없이 삽관을 준비할 때는 반드시 계산된 내관 크기보다 0.5mm 더 큰 것과 0.5mm 더 작은 내관을 함께 준비해야 한다. 삽관 중 저항이 느껴지면 0.5mm 더 작은 것으로 바꿔 삽관한다. 삽관된 상태에서 산소화나 환기를 방해할 만큼 성문 부위에서 많이 새면 0.5mm 더 큰 내관이나 커프가 있는 것으로 바꿔 삽관한다. 만일 삽관에 실패하게 되면 여러 가지 문제가 발생할 수 있으므로 반드시 안정된 환경에서 경험 있는 구조자가 시행해야 한다. 커프 없는 내관의 경우 1세 미만 영아는 3.5mm 내경의, 1~2세 소아는 4.0mm 내경의 내관을 사용하며 2세 이후에는 다음의 공식에 따른다.

$$\text{커프 없는 기관 튜브 내경(mm)} = 4 + (\text{나이}/4)$$

응급상황에서 커프 있는 내관을 사용하는 경우 1세 미만 영아는 3.0mm 내경을, 1~2세 소아는 3.5mm 내경을 사용하며 2세 이후에는 다음의 공식에 따른다.³⁰⁻³³

$$\text{커프 있는 기관 튜브 내경(mm)} = 3.5 + (\text{나이}/4)$$

(2) 커프가 있는 기관 튜브

영아나 소아의 기관내삽관에는 커프가 있는 것과 없는 것 모두 사용이 가능하다. 전신마취 수술이나 중환자실에서 기계 환기를 위한 기관내삽관 시 커프가 있는 내관을 사용하면 흡인의 위험성을 줄일 수 있다고 보고되고 있다.³⁴ 커프가 있는 기관 튜브를 사용하는 경우에는 커프 압력을 지속적으로 감시하여 권고 수준인 20-25cm H₂O 이하의 압력을 유지해야 한다. 폐유순도가 너무 낮거나 기도 저항이 높거나 성문 부위에서 공기가 많이 새면 기관 튜브의 크기, 위치, 커프 압력 등을 고려해서 사용한다면 커프가 있는 기관 튜브가 더 효과적일 수 있다.^{35,36}

(3) 기관내삽관 과정

삽관을 시도하기 전에 흡입 카테터, 백마스크, 산소, 소침(stylet) 등을 준비한다. 기관 손상의 위험을 방지하기 위해 소침 끝이 내관 끝으로 나오지 않도록 주의한다. 소침 끝에 수성 윤활제나 멸균증류수를 묻히면 삽관 후 제거하기가 더 쉽다. 전지와 전구 기능에 이상이 없는 후두경 낄과 손잡이(예비용 전구와 전지도 준비), 호기 이산화탄소 검출기나 식도 확인 검출기, 고정용 테이프, 얼굴 닦기 용 거즈 등도 함께 준비한다.

환자가 심장정지 상태가 아니라면 일단 100% 산소부터 투여한 후(삽관 전 산소화) 기관내삽관을 시행한다. 삽관 전 산소화 시 보조 환기는 환자의 호흡 노력이 부족할 때 실시할 수 있다. 합병증을 최소화하면서 빠른연속기관삽관법을 적용하여 안전하게 기관내삽관에 성공하기 위해서는 충분한 훈련과 경험이 필요하다. 또한, 삽관에 실패했을 때 시도할 수 있는 다른 이차적인 기도유지 방법이 삽관 시도 전에 준비되어 있어야 한다. 두정부나 다른 부위의 심한 외상이 있는 경우는 삽관 도중 척수 손상을 막기 위해 경추 고정을 유지해야 한다. 삽관 실패나 지연된 시술로 인해 저산소혈증 또는 허혈 손상이 발생할 수 있으므로 시술 시간은 30초를 넘기지 않도록 한다. 그리고 심박동수 감시와 맥박산소포화도 측정기를 이용한 산소포화도 측정은 기관내삽관을 하는 동안 계속한다. 삽관 도중 분당 60회 이하의 서맥이 발생한 경우, 환자의 피부색이나 혈액순환상태가 변화한 경우, 맥박산소포화도 측정기를 이용한 산소포화도가 기준치 이하로 감소한 경우 등에는 삽관 시도를 멈추고 백마스크를 사용하여 산소를 주면서 충분히 상태가 호전될 때까지 기다린다. 응급 기관내삽관 과정에서 일상적으로 아트로핀을 미리 투여하는 것은 권장되지 않는다.

심장정지가 발생한 소아에게 맥박산소포화도 측정기를 설치하기 위하여 기관내삽관이 지연되어서는 안 되며, 맥박이 만져지지 않는 상황에서는 맥박산소포화도 측정기가 제 기능을 할 수 없다.

후두경의 낄은 직선형이나 곡선형 모두 사용될 수 있다. 후두경의 직선형 낄의 끝이 후두덮개를 통과

하여 성대 입구 바로 위에 머물도록 하면서 날에 힘을 줘 후두덮개와 혀 기저를 함께 들어 올리면 성문이 드러난다. 곡선형 날을 사용하는 경우 날 끝을 후두덮개 계곡(vallecula)에 위치시켜 혀 기저를 들어 올릴 때 후두덮개가 따라 올라오도록 한다. 후두경을 들어 올릴 때는 후두경의 날이나 손잡이를 지렛대처럼 쓰면 안 되며 이나 입술, 잇몸에 직접적인 압력을 가해서는 안 된다.

기관 튜브의 삽입 깊이는 ‘삽관 깊이(cm)=내관의 내경(mm) × 3’의 공식으로 구할 수 있다. 2세 이상의 경우에는 ‘삽입 깊이(cm)=소아연령/2 + 12’의 공식으로도 구할 수 있다.

(4) 삽관 중 윤상연골 누르기

위 내용물의 흡인을 방지하기 위한 삽관 중 윤상연골 누르기의 일상적인 적용에 대한 충분한 근거는 없다. 만일 삽관을 방해하거나 호흡에 문제를 일으킬 경우에는 윤상연골 누르기를 계속해서 안 된다.

(5) 적절한 튜브 위치의 확인

기관 튜브를 삽입할 때 식도로 들어가거나 기관 튜브 끝이 성대보다도 높게 위치하거나 한쪽 기관지에 들어가는 등 잘못 위치해 있을 가능성이 있다. 특히 이송 중에는 충격으로 위치가 바뀌거나 막힐 위험성이 있다. 신체 검진 소견이나 튜브 속에 맺히는 증기 등의 증거만으로는 튜브의 적절한 위치를 확인할 수 없다. 삽관 직후, 튜브의 재 고정 후, 이송 중, 그리고 환자가 움직인 후에는 신체 검진과 함께 위치를 확인할 수 있는 아래의 방법들을 이용하여 튜브의 위치를 확인해야 한다.

- ① 양측 흉곽의 운동을 관찰하고 양 폐야 특히 겨드랑이 부위의 호흡음이 대칭적인지 확인한다.
- ② 위 팽창 소리를 확인한다. 기관 내에 튜브가 있으면 위 팽창 소리가 나지 않는다.
- ③ 호기말 이산화탄소 분압을 측정한다.
- ④ 관류가 유지되는 상태에서는 산소포화도를 측정한다.

⑤ 확신이 없는 경우에는 직접 후두경을 사용하여 튜브가 성대 사이에 있는 것을 확인한다.

⑥ 병원에 있는 경우 흉부 방사선 촬영을 한다.

삽관 후에 기관 튜브를 고정하는 방법에 대해서는 충분한 비교자료가 없다. 환자 머리가 숙어지면 깊게 밀려들어갈 수 있고 뒤로 젖혀지면 빠져나올 수 있으므로 이를 고려해 중립 위치에서 고정한다.³⁸ 삽관 상태에서 환자의 상태가 갑자기 나빠지면 튜브의 이동이나 폐색, 기흉, 기계의 오작동과 같은 상태를 고려해야 한다.

(6) 호기말 이산화탄소 분압 측정장치

가능하면 병원 전 단계, 응급실, 중환자실, 병실, 수술장, 또는 이송 중 등 모든 경우에 호기말 이산화탄소 측정법을 이용하여 기관 튜브의 위치를 확인한다.³⁶⁻³⁸ 하지만 색깔의 변화나 파형으로 적절성을 확인했다 해도 내관이 우측 주기관지에 들어가 있는 것을 감별하지는 못한다. 심장정지 상태에서는 기관 튜브가 적절한 위치에 있는 경우에도 호기말 이산화탄소 분압이 측정되지 않을 수 있어 필요하다면 직접 후두경을 사용해 위치를 확인해야 한다. 색깔 변화를 이용한 호기말 이산화탄소 측정법의 결과에 영향을 줄 수 있는 경우는 아래와 같다.

- ① 측정기가 위 내용물 또는 산성 약물에 오염된 경우에는 호흡에 따라 색깔이 바뀌는 것이 아니고 지속적으로 산성 색깔을 나타낸다.
- ② 에피네프린을 정맥주사했을 때 일시적으로 폐 관류가 감소해 호기말 이산화탄소 분압값이 임계치 이하로 감소할 수 있다.³⁸
- ③ 중증 천식 등 심한 기도 폐색이 있는 경우와 폐부종이 있는 경우 임계치 이하로 이산화탄소의 배출이 감소할 수 있다.³⁹
- ④ 성문 부위에서 공기 유출이 있는 경우 충분한 환기량이 유지되지 않아 이산화탄소가 회석되어

감지되지 않을 수 있다.

(7) 흡입 도구

응급 소생술 상황에서는 흡입을 위한 도구가 준비되어 있어야 한다. 이동용은 기관과 인두 흡입에 부족함이 없게 진공과 유량이 충분히 제공될 수 있어야 한다. 일반적으로 소아와 영아에게는 80-120mmHg의 최대 흡입력을 가진 도구가 쓰인다. 지름이 크고 음압에도 찢그러지지 않는 흡입 튜브가 흡입 장치에 연결되어야 한다. 인두부의 흡입을 위하여 약간 딱딱한 흡입 카테터도 준비되어 있어야 한다. 다양한 크기의 카테터를 쉽게 사용할 수 있도록 준비하여야 한다. 기관 흡입 카테터는 다양한 연결 장치(Y-piece, T-piece)를 사용하며, 카테터의 측면에 구멍이 있어야 흡입을 조절할 수 있다.

2. 약물의 투여

1) 소아 전문소생술 약물의 투여 주사로 확보 및 응급상황에서의 몸무게 측정

(1) 골내 주사로

골내 주사로는 소아에게 사용할 수 있는 빠르고, 안전하고 효과적인 주사로 확보 방법이며 특히 심장정지 상태에서는 첫 번째 주사로로서 유용하다.⁴⁰⁻⁴² 에피네프린, 아트로핀, 수액, 혈액 제제, 카테콜아민 등 소생술에 사용되는 대부분의 정맥투여 약물을 투여할 수 있고 약물 발현 시간도 정맥로의 경우와 비슷하다.⁴³ 골내 주사 삽입 직후나 심폐소생술 15분 이내면 전해질, 혈액형 검사, 가스분석 등 혈액 검사도 가능하며 정맥혈 채혈 비슷한 결과를 보인다.⁴⁴ 수액 백을 손으로 눌러 붙여 주거나 전동식 주입 펌프기를 사용하면 점액성의 약물을 투여하기 쉽고 수액을 빠른 속도로 투여할 수도 있다. 매 약물 투여 후에는 생리식염수 5-10mL를 덩이주사해야 약물이 신속히 중심혈류에

도달하는 것을 도울 수 있다.

(2) 정맥주사로

말초 정맥주사로를 빨리 확보할 수 있다면 소생술 도중에도 좋은 주사로로서 사용할 수 있지만, 응급 상황에 있는 소아 환자의 말초 정맥주사로를 확보하기는 매우 어렵다.⁴⁴ 중심 정맥은 장기간 안전하게 사용할 수 있지만, 중심 정맥을 확보할 때까지 시간이 더 소요되며 시술자의 경험과 능력이 요구된다는 한계가 있어 응급상황에서 초기 주사로로서 권장되지 않는다. 중심정맥로 확보는 혈액순환으로의 확실한 주입 경로를 만들었고, 혈관수축제, 중탄산나트륨, 혹은 칼슘과 같이 말초 부위로 셀 경우, 조직 손상을 일으키는 약물을 안전하게 투여할 수 있도록 한다는 데 의의가 있으며 심장정지 때 환자가 이미 중심정맥로를 갖고 있는 경우에는 이를 사용하여야 한다. 신속한 수액 소생술을 하려면 수액 투여에 저항이 적도록 단일 내경과 넓은 직경이면서 길이가 짧은 도관이 유리하다. 관 수가 여러 개이고 길이가 긴 중심 정맥의 경우 빠른 수액 투여에 있어 말초 정맥로보다도 더 불리할 수 있다.

응급 정맥주사로 확보가 요구되는 심각한 쇼크 또는 심장정지 전 단계의 영아 또는 소아의 경우 신속한 정맥로 확보가 불가능하면 우선하여 골내 주사로를 확보해야 한다.^{42,45}

(3) 기관 내 약물 투여

소생술 중에는 골내 또는 정맥주사로가 가장 적절한 약물 투여 경로이다. 주사로를 확보할 수 없는 경우에는 지방 용해성 약물(리도카인, 에피네프린, 아트로핀, 날록손)에 한하여 기관내 투여가 가능하지만, 그 효과는 일정하지 않다.⁴⁶ 소생술 중이라면 가슴압박을 중지하고 약물을 투여한 후 적어도 5mL 정도의 식염수를 투여한 후 5번의 양압 호흡을 한다.⁴⁷ 기관내로 투여하는 약물의 적절한 용량은 알려진 바 없으며 통상적으로 정맥투여 용량의 약 2~3배를 투여한다. 에피네프린의 경우 정맥

용량의 10배가 권장된다. 중탄산나트륨이나 칼슘 등과 같은 비지방용해성 약물은 기도에 손상을 일으키므로 기관내로 투여해서는 안 된다.⁴⁸

(4) 응급상황에서 환자의 체중 측정

응급상황에서도 소아 환자의 약물치료는 체중에 따라 용량을 결정해야 한다. 병원 밖에서 발생한 응급상황에서는 불행히도 환자의 체중을 모르는 경우도 종종 발생한다. 경험 많은 의료진도 외모로 환자의 체중을 정확하게 추정하지 못할 수 있으며 나이에 따른 체중 추정 공식을 사용하는 방법은 환자의 나이를 모를 수도 있고 특정 나이에 해당하는 정상 체중의 범위가 너무 넓어 실용적이지 못하다.⁴⁹ 응급상황에서 신장은 쉽게 측정할 수 있으며 신장을 통해 비교적 정확하게 환자의 체중을 추정할 수 있다.⁵⁰ 신장으로부터 체중을 추정하고, 추정된 체중에 따라 미리 계산된 약물 용량을 인쇄해 놓은 소생술 줄자를 사용할 수 있다.^{51,52} 신장을 통해 체중을 추정하는 방법은 실제 체중이 25kg을 넘거나 나이가 많은 소아인 경우 실제보다 체중이 더 적게 추정될 수 있음을 고려해야 한다.^{29,51,53}

소생술에 사용되는 약물의 용량 계산은, 환자의 체중을 아는 경우라면 체중을 이용하고, 체중을 모르는 경우라면 추정 체중별로 계산된 약물 용량이 적힌 소생술 줄자를 사용할 수 있다.⁴⁹ 체중별 약물용량의 계산은 2018년 대한심폐소생협회에서 제작한 한국 소아소생술 테이프를 사용할 것을 권장한다.

2) 소아 전문소생술에서 사용되는 약물(표 7)

(1) 에피네프린

에피네프린은 알파 및 베타 교감신경 수용체를 강하게 자극하는 성질을 가지는 있는 내인성 카테콜아민이다. 에피네프린의 혈액학적 효과는 용량과 연관이 있다. 낮은 용량(<0.3 µg/kg/min)의

투여는 베타 교감신경 흥분작용의 유발이 두드러져서 맥박수를 올리고 맥압을 증가시킨다. 더 높은 용량(> 0.3 µg/kg/min)의 투여는 베타 및 알파 교감신경 흥분작용을 매개로 하는 혈관수축을 유발한다. 환자마다 카테콜아민에 대한 약리 반응이 다양하므로 원하는 효과에 적합하도록 용량을 조절해야 한다. 심장정지에서 알파 교감신경 수용체를 매개로 한 혈관수축은 에피네프린의 가장 중요한 약리작용이다. 심장정지 시 혈관수축은 대동맥 이완기 혈압을 증가시켜 관상동맥 관류압을 증가시키며 이는 소생술의 성공의 중요한 결정 요인이 된다.^{54,55} 가슴압박 중에 에피네프린에 의해 증가한 관상동맥 관류압은 심장으로의 산소공급을 증가시킨다. 에피네프린은 또한 심장의 수축력을 증가시켜 자발적인 수축을 자극하고 심실세동의 진폭을 증가시킴으로써 제세동의 성공률을 높인다. 산증이나 저산소혈증으로 카테콜아민의 작용이 저하될 수 있으므로 환기, 산소공급과 순환에 주의를 기울이는 것이 중요하다. 에피네프린은 염기성 용액에서는 불활성화되므로 중탄산나트륨과 절대 섞이면 안 된다. 순환을 유지하는 리듬을 가진 환자들에서는 에피네프린이 빈맥과 넓은 맥압의 원인이 되며 심실 이소성 박동을 유발할 수 있다. 고용량 에피네프린의 주입은 사지, 복부 장기와 신장 혈류를 감소시키고 심한 고혈압과 빈맥성 부정맥을 초래하는 과도한 혈관수축을 유발할 수 있다. 영아와 소아의 심장정지에서 심폐소생술 시행 시 에피네프린을 투여할 수 있고, 다른 혈압상승제의 효과에 대한 근거는 충분하지 않다.^{8,56-58} 증상이 동반된 서맥을 보이면서 효과적인 보조 환기법이나 산소 투여에 반응이 없는 소아에게는 에피네프린을 정맥 또는 골내로 투여할 수 있다. 심장정지 상태의 소아 환자에게 가장 흔히 관찰되는 리듬은 무수축과 서맥이며, 에피네프린은 이러한 환자에게 관류를 가능하게 하는 리듬을 발생시킬 수도 있다. 특히, 심장정지 후 5분 이내에 신속히 투여하는 것이 환자의 치료 예후에 좋은 영향을 미친다.⁵⁹ 에피네프린의 초기 소생술 용량은 정맥 또는 골내로 주입할 경우 0.01 mg/kg (1:10,000 희석액으로 0.1 mL/kg)이다. 에피네프린은 소생술을 시행하는 동안 3분에서 5분마다 동량을 반복 투여한다. 에피네프린의 기관내 투여는 약물의 흡수 정도와 이에 따른 혈중 농도를 예측할 수 없으나 혈관 또는 골내 주입 경로가 확보되지 않았을 때 고려할 수 있다. 기관내 투여 시 추천 용량은 0.1 mg/kg

(1:1,000 희석액으로 0.1 mL/kg)이다. 심장정지 상태가 지속되는 경우, 혈관 주입 경로가 확보되면 에피네프린 0.01 mg/kg을 혈관 내로 투여한다.

(2) 아미오다론

아미오다론은 방실결절 전도를 지연시키고, 불응기를 연장하고, QT 간격을 늘리고, 심실 전도를 느리게 한다. 아테노신 투여에 반응이 없는 심실상 빈맥으로 보이거나 무맥성 심실빈맥/심실세동을 보이는 심장정지 환자에게 투여한다. 심장정지 시 5 mg/kg를 정맥 내 또는 골내로 투여할 수 있다. 맥박이 있는 경우는 천천히 투여하나 심장정지인 경우에는 빨리 주입한다. 투여 시 혈관 확장 작용 때문에 저혈압이 발생할 수 있다. 저혈압의 정도는 약물 투여 속도와 관련이 있으며, 액상 형태의 경우에서 더 적게 발생한다.⁶⁰ 아미오다론을 투여할 때에는 심전도 감시를 통해 서맥, 방실차단, 비틀림 심실빈맥 등의 합병증 발생을 관찰한다. 다른 QT 간격 연장을 유발하는 약제를 함께 투여할 때는 특히 주의하여야 한다. 아미오다론은 반감기가 40일로 매우 기쁘로 부작용이 오래 지속할 수 있다.

(3) 리도카인

리도카인은 심근의 자율성을 낮추고 심실부정맥을 억제한다. 영아와 소아에게 제세동에 반응하지 않는 심실세동 및 무맥성 심실빈맥이 보일 때 아미오다론과 리도카인 중 한 가지 약물을 선택하여 사용할 수 있다.⁶¹⁻⁶³ 1 mg/kg를 빠르게 투여 후 제세동에 불응하는 심실세동/무맥성 심실빈맥이 지속되는 경우 매 5-10분마다 반복 투여를 할 수 있다. 리도카인은 심근 기능 저하, 순환저하, 졸림, 지남력장애, 근육 움찔 수축(muscle twitching), 경련을 유발할 수 있으며, 특히 심박출량이 낮고 간이나 신장기능에 이상이 있는 경우에 부작용의 발생 가능성이 커진다.^{64,65}

(4) 아데노신

아데노신은 일시적으로 방실결절의 전도를 차단하여 회귀성 재입 기전을 차단한다. 아데노신은 반감기가 10초 이내로 매우 짧아서 안전범위가 넓다. 중심 정맥보다 말초 혈관을 통한 투여 시 더 많은 용량이 필요할 수 있다. 아데노신은 골내 투여도 가능하며 용량은 정맥투여와 같다. 1~2초 이내로 빠르게 정맥투여 후 곧바로 생리식염수를 추가 투여하여 아데노신이 빠르게 중심 순환으로 들어가도록 한다.

(5) 아트로핀

아트로핀은 부교감신경차단 약제로 심장박동을 증가시키고, 방실 전달을 증가시킨다. 심장정지 치료 시 아트로핀을 투여할 근거는 없다. 영아의 응급 기관내삽관 시 환아가 저혈량증 상태이거나 삽관 시 succinylcholine을 사용하는 경우와 같이 서맥이 발생할 위험이 큰 때에만 아트로핀을 사용할 수 있다.⁶⁶ 0.02 mg/kg의 용량을 정맥 내/골내로 투여하며 최소 용량 없이 사용한다. 하지만 영아와 소아에게 응급으로 기관내삽관이 필요한 모든 경우 아트로핀을 투여하는 것을 권장하지는 않는다.^{61,67,68} 신경가스 중독이나 유기인제 중독 시에는 다량의 아트로핀 투여가 필요하다.⁶⁹

(6) 포도당

영아와 소아는 포도당 요구도가 높고 축적된 당원이 적다. 결과적으로 쇼크 상태와 같이 에너지 요구가 증가하여 있는 상황에서는 쉽게 저혈당에 빠질 수 있다. 이러한 이유로 혼수상태, 쇼크 또는 호흡 부전 시에는 침상 옆에서 신속히 시행할 수 있는 검사로 혈당을 세심하게 관찰해야 한다. 저혈당이 확인되면 포도당을 함유한 수액으로 치료해야 한다.⁷⁰ 고농도의 포도당은 영아에게 혈전증, 고혈당증, 두개내출혈을 초래할 수 있어서 10% 또는 25%(50% 포도당은 1:1로 희석) 농도의 포도당을 투여하도록 한다. 체중 킬로그램 당 0.5-1.0g의 포도당을 덩이주사하고 저혈당은 가능하면 포도당 수액의 지속적인 투여로 치료하는 것이 좋다. 고장성 포도당 수액을 일시에 투여하면 혈장 삼투압을

갑자기 증가시켜 삼투성 이뇨를 유발하므로 주의해야 한다. 아직 뇌 허혈 후의 고혈당이 신경학적 기능에 미치는 영향에 대해서는 알려지지 않았지만, 뇌 허혈 전의 고혈당은 신경학적인 예후를 악화시킬 수 있다. 심장정지 후의 고혈당이 이롭거나 해롭다는 확신할 만한 자료가 없는 이상, 소생술 중에 혈당 농도를 정상으로 유지하고 소생술 후에 저혈당이 나타나지 않도록 하는 것을 권고한다.

(7) 중탄산나트륨

대부분의 연구에서 중탄산나트륨의 통상적인 투여가 심장정지 후의 예후를 향상시키지 못했다.^{71,72} 소아의 경우 호흡부전이 심장정지의 주요 원인 중 하나이며 중탄산나트륨의 투여는 일시적으로 이산화탄소 분압을 증가시키므로, 소생술 중 소아 환자에게 이 약물을 투여하는 것은 이미 존재하는 호흡성 산증을 더 악화시킬 수 있다. 이러한 이유로 영아나 소아의 심장정지에서는 보조 환기, 산소공급, 효과적인 전신 관류의 회복(조직의 허혈을 교정하기 위한) 등을 먼저 고려해야 한다. 장시간 심폐소생술을 시행한 환자에게 경험적으로 중탄산나트륨을 투여하는 것은 24시간 생존과 생존퇴원율을 감소시켰다. 중탄산나트륨은 고칼륨혈증, 고마그네슘혈증, 삼환계 항우울제의 과량 복용 및 기타 나트륨 통로 차단제들의 과량 복용으로 증상이 나타나는 환자에게만 투여를 고려할 수 있다.⁷³ 중탄산나트륨은 투여의 적응이 되는 때에만 정맥이나 골내로 투여하며, 초기 용량은 1 mEq/kg (8.4% 용액으로 1 mL/kg)이다. 신생아에서는 삼투압이 높아지는 것을 방지하기 위해 희석액(0.5 mEq/mL; 4.2% 용액)이 사용되기도 하지만 영아나 소아에게 희석액이 유익하다는 근거가 없다. 중탄산나트륨을 과량으로 투여하면 부작용이 발생할 수 있다. 중탄산나트륨 투여의 결과로 나타나는 대사성 알칼리증은 산화 헤모글로빈 해리 곡선을 좌측으로 이동시켜 조직으로의 산소 공급을 저하시키며, 갑작스러운 칼륨의 세포 내 이동으로 인한 저칼륨혈증, 혈청 이온화 칼슘 농도의 저하, 심실세동 역치의 저하 및 심기능의 저하를 유발한다. 또한, 과량의 중탄산나트륨 투여로 고나트륨혈증과 삼투압의 증가가 나타날 수 있다. 카테콜아민은 중탄산나트륨에 의해 불활성화되며 칼슘은 중탄산나트륨과 섞이면 침전을 형성하므로

중탄산나트륨의 투여 후에는 정맥 주사관에 5~10mL의 생리식염수를 투여하여 중탄산나트륨을 씻어 주어야 한다.

(8) 칼슘

칼슘은 심근의 흥분-수축 연결(excitation-contraction coupling)에 필수적이다. 칼슘 축적은 허혈 후 또는 허혈이 발생한 장기에 재관류가 일어나는 동안 칼슘이 세포 내로 들어가는 것에 기인하며 세포질 내 칼슘 농도의 증가는 세포 내 효소 체계를 활성화해 세포의 괴사를 초래한다. 심장정지에서 칼슘의 관례적인 투여는 심장정지의 예후를 향상시키지 않는다.⁷⁴⁻⁷⁶ 무수축 환자의 소생술에서 칼슘의 통상적인 투여를 권장하지 않는다. 칼슘의 투여는 입증된 저칼슘혈증이나 고칼륨혈증, 고마그네슘혈증과 칼슘 통로 차단제가 과량 투여된 경우의 치료 시에만 적응이 된다. 10% 염화칼슘은 글루콘산칼슘보다 생체이용률이 3배 높아 심장정지 소아를 대상으로 일차적으로 선택되는 칼슘 제제이다.^{77,78} 말초 정맥 손상의 위험이 있으므로 반드시 중심 정맥을 통해서 주입하는 것이 좋으나, 중심정맥로가 확보되지 않은 심장정지 환자에게는 10~20초에 걸쳐서 염화칼슘 20 mg/kg를 정맥 또는 골내 투여할 수 있다. 심장정지 중에는 필요하면 칼슘을 10분 이내에 반복 투여할 수 있다. 추가 용량은 이온화 칼슘의 결핍량을 계산하여 이를 바탕으로 투여해야 한다.

(9) 마그네슘

마그네슘은 칼슘 통로에 대한 영향과 다른 세포막 효과로 비틀림 심실빈맥의 치료에 사용된다. 마그네슘은 입증된 저마그네슘혈증과 비틀림 심실빈맥 환자에게만 투여한다.⁷⁹⁻⁸¹ 원인에 상관없이 비틀림 심실빈맥에는 체중 킬로그램당 25 mg에서 50 mg(최대 2g)의 황산마그네슘을 정맥 내로 신속히(수 분 동안) 투여하는 것이 권장된다. 마그네슘은 혈관 확장을 유발하며, 빠르게 주입할 경우 저혈압이 발생할 수 있다.

표 7. 소아 전문소생술에 사용하는 약물

치료	내용	특이사항
에피네프린	0.01 mg/kg(1:10,000 용액 0.1 mL/kg) 정맥 내/골내 0.1 mg/kg(1:1,000 용액 0.1 mL/kg) 기관내 최대 용량: 정맥 내/골내 1mg, 기관내 2.5mg	3~5분마다 반복 투여 가능
아미오다론	5 mg/kg 정맥 내/골내 15 mg/kg까지 두 번 추가로 투여 가능 최대 일 회 용량 300mg	심전도 및 혈압 감시 심장정지 시 정맥 덩이주사 관류 리듬이 있으면 20~60분에 걸쳐 천천히 투여(전문가와의 상의가 강력히 권장됨) 다른 QT 연장 약제와 함께 사용 시 주의하여야 하며 전문가가 자문해야 함
리도카인	덩이주사: 1 mg/kg 정맥 내/골내 지속주사: 분당 20~50 μ g/kg	—
아데노신	0.1 mg/kg(최대 6mg)	심전도 모니터 급속 정맥/골내 주사 후 씻어내기 주사
아트로핀	0.02 mg/kg 정맥 내/골내 0.04~0.06 mg/kg 기관내(필요하면 한번 반복 투여) 최대 일 회 용량: 0.5mg	유기인산 중독의 경우에는 고용량 투여를 고려
포도당	0.5~1 g/kg 정맥 내/골내	신생아: 5~10 mL/kg D 10W 영아와 소아: 2~4 mL/kg D 25W 청소년: 1~2 mL/kg D 50W
중탄산나트륨	한 번에 1 mEq/kg씩 천천히 정맥 내/골내	적절한 환기 후 투여
염화칼슘(10%)	20 mg/kg 정맥 내/골내(0.2 mL/kg) 최대 일 회 용량: 2g	천천히 투여
황산마그네슘	10~20분에 걸쳐 25~50 mg/kg 정맥 내/골내 비틀림 심실세동에는 더 빠르게 최대 용량 2g	—

3. 제세동기

제세동기는 수동과 자동이 있고 사용되는 파형에 따라 단상 혹은 이상 파형 제세동기로 구분된다. 부정맥이나 심장정지의 위험성이 있는 소아 환자를 돌보는 기관은 소아 심장 리듬을 인지하는 자동제세동기를 보유해야 한다. 소아를 위하여 에너지 수준을 조정할 장치가 있는 제세동기가 이상적이다. 수동제세동기 사용 시에는 아래의 내용을 고려하여야 한다.

1) 전극 크기

일반적으로 수동제세동기는 성인과 영아용 두 가지 크기의 전극이 갖추어져 있다. 일반적으로 영아 전극은 성인 전극 위에 또는 아래에 포개져 있다. 접착식 전극을 사용할 수 있는 수동제세동기도 있다. 제세동할 때는 소아의 가슴에 잘 맞는 가장 큰 전극을 사용한다. 전극이 서로 접촉되지 않도록 해야 하며 전극 사이의 간격이 적어도 3cm는 떨어지게 적용한다. 전극의 종류와 관계없이 제세동 효과는 같다. 접착식 전극은 가슴에 단단히 눌러서 전극 위의 젤이 환자의 가슴에 완전하게 접촉되도록 한다. 10kg 이상 또는 1세 이상의 소아는 성인용 크기(8-10cm)를 사용하고 10kg 미만 또는 1세 이하 영아는 영아용 크기의 전극을 사용한다.

2) 접촉면

접착식 전극의 가슴 접촉면에는 전극용 젤이 미리 붙어 있다. 반면에 수동 전극을 사용할 때는 전극용 젤을 반드시 사용하여야 한다. 식염수, 초음파 젤, 알코올 등을 전극용 젤 대신 사용해서는 안 된다.

3) 전극 위치

접착식 자동제세동기 혹은 모니터/제세동기 전극의 위치는 제조회사의 권고 사항을 따른다. 수동 전극은 가슴 오른쪽 위와 심첨부(왼쪽 하부 갈비뼈의 젓꼭지 왼쪽에)에 위치시켜서 심장이 두 개의 전극 사

이에 있도록 한다. 단단하게 전극에 압력을 가하여 접촉이 잘 되도록 한다. 전극을 흉곽의 전후로 위치하는 것은 특별한 장점은 없으나 두 개의 전극이 너무 가까운 경우(3cm 이내)에는 흉곽 전후에 부착할 수 있다.

4) 에너지 용량

효과적인 제세동을 위한 가장 낮은 에너지 용량과 영아나 소아에 대한 안전한 제세동의 상한선은 알려지지 않았다. 심실세동이 있는 소아의 경우 초기의 2 J/kg 용량의 단상 파형 제세동은 18~50%에서 효과를 보인 반면 같은 용량의 이상성 제세동은 48%의 효과를 보였다.^{11,82} 병원 밖 심실세동으로 인한 심장정지 소아는 흔히 2 J/kg 이상의 용량으로 제세동을 받는다는 보고가 있고 병원 내 심장정지에 관한 한 연구에서는 자발순환회복을 위해서 2.5~3.2 J/kg의 용량이 사용되었다고 보고하였다. 4 J/kg 이상(9 J/kg까지)의 에너지 용량으로 소아에게 효과적으로 제세동되었고 소아 동물을 이용한 실험에서도 이 용량에서 부작용은 거의 없었다.¹² 성인을 대상으로 하거나 소아 동물 연구모형을 이용한 연구에서 이상성 제세동은 단상 파형 제세동만큼 효과적이고 해로움도 적은 것으로 보였다.⁸³ 영아와 소아에게 심실세동 또는 무맥박 심실빈맥이 있을 때 단상 파형 또는 이상 파형 제세동기 모두에서 첫 번째 에너지 용량은 2 J/kg을 권장한다. 두 번째 이후의 제세동 에너지 용량은 4 J/kg 이상을 사용하며, 성인의 최대 용량을 넘지 않도록 한다. 제세동기에 해당 에너지 용량이 없는 경우에는 계기판에서 바로 다음 단계의 높은 에너지를 사용한다.⁸⁴⁻⁸⁶

5) 자동제세동기

대부분 자동제세동기는 모든 나이의 소아에 대한 심실세동을 정확하게 탐지할 수 있다. 충격필요리듬과 충격불필요리듬을 높은 수준의 민감도와 특이도로 구분할 수 있다. 소아를 돌보는 기관이나 조직에서는 소아의 충격필요리듬을 구분할 수 있을 만큼 민감도가 높고, 25kg(약 8세)까지의 소아에게 사용할

수 있는 소아용 에너지 감쇠 장치를 가지고 있는 자동제세동기를 사용하여야 한다. 에너지 감쇠 장치가 있는 자동제세동기가 없을 때는 표준전극의 자동제세동기를 사용한다. 1세 미만의 영아에 대해서는 수동제세동기가 선호된다. 수동제세동기가 없다면 에너지 감쇠 장치가 있는 자동제세동기를 사용할 수 있다. 에너지 감쇠 장치가 있는 자동제세동기나 수동제세동기 모두 없을 경우는 영아에게도 에너지 감쇠 장치가 없는 자동제세동기를 사용할 수 있다.

4. 심장정지 이외의 부정맥

환자 상태가 안정적이라면 원인을 찾아 이에 대해 치료를 한다. 기도 확보 여부를 확인 후 필요한 경우 기도를 안정적으로 유지하고 산소포화도가 94% 미만이거나 호흡곤란 증세를 보이는 경우 산소를 공급한다. 심전도를 부착하고 혈액학적 상태를 감시하며 정맥로 또는 골내 주입로를 확보한다.

1) 서맥의 치료 (그림 48)

산소 투여에도 불구하고 의식 저하, 저혈압, 쇼크 상태 등을 보이면서 심박동수가 60회 미만으로 환자의 서맥이 지속되는 경우 약물적 치료를 시작한다.

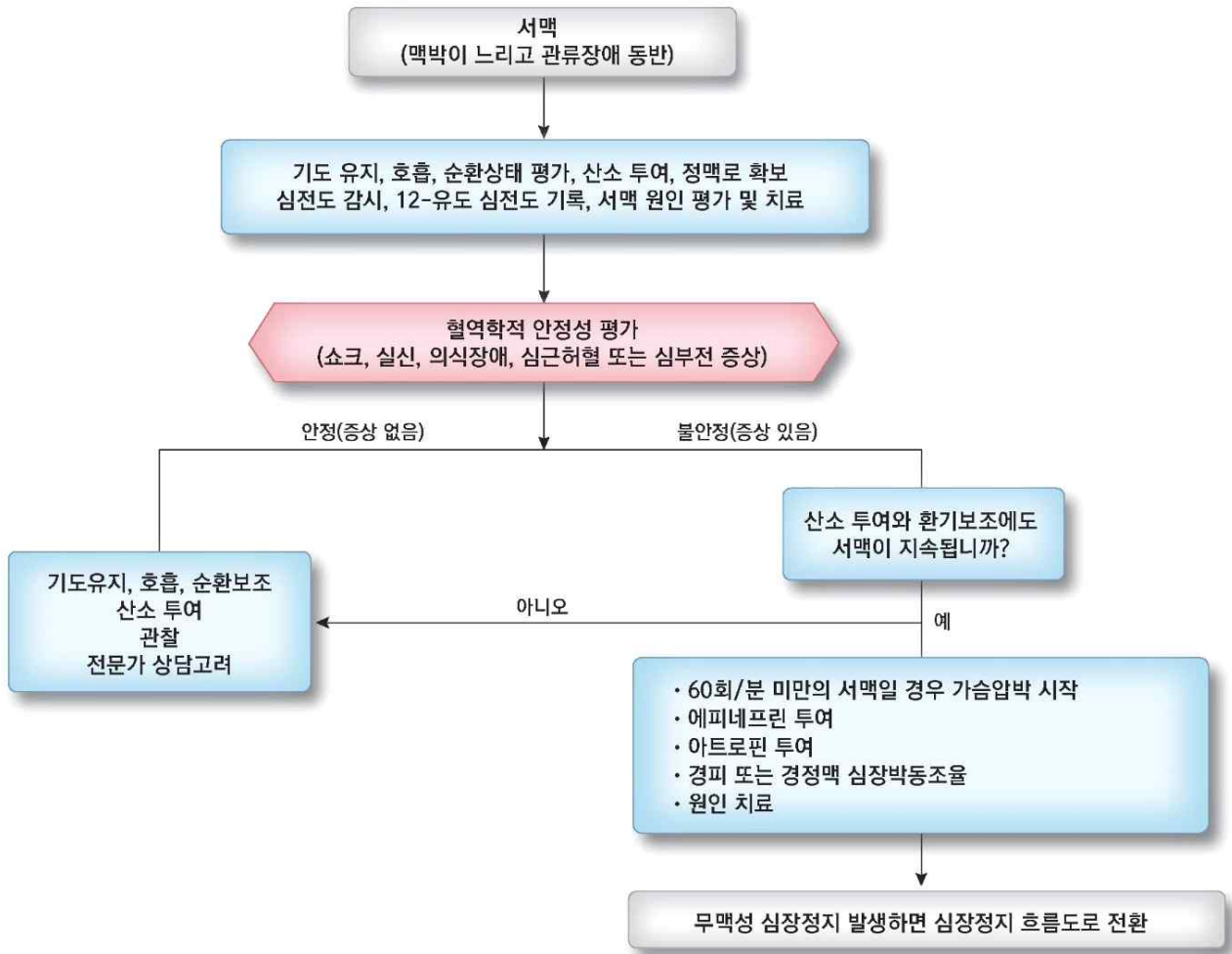


그림 48. 소아 서맥의 치료 순서

표 8. 소아 서맥 치료 과정의 참고표

치료	내용
아트로핀	아트로핀 사용이 고려되는 상황: 기존에 방실 전도에 이상이 있는 소아 환자의 미주신경이 과도하게 자극된 상황
	0.02 mg/kg 정맥 내/골내 투여 0.04–0.06 mg/kg 기관내 투여
에피네프린	0.01 mg/kg(1:10,000 용액 0.1 mL/kg) 정맥 내/골내 투여 0.1 mg/kg(1:1,000 용액 0.1 mL/kg) 기관내 투여

(1) 서맥의 약물치료

서맥이 지속하거나 산소 투여와 환기 보조에 일시적으로만 반응하는 경우는 에피네프린 0.01 mg/kg (1:10,000 용액 0.1 mL/kg)을 정맥 또는 골내로 투여한다. 정맥로 확보가 어렵거나 골내 투여가 불가능한 경우 기관 튜브로 0.1 mg/kg(1:1,000 용액 0.1 mL/kg)를 투여한다. 서맥이 호전되지 않는 경우 3~5분 간격으로 투여할 수 있다. 항진된 미주신경 긴장 또는 항콜린성 약물의 독성이 원인인 서맥의 경우는 아트로핀 0.02 mg/kg을 정맥 혹은 골내로 투여하거나 기관 튜브로 0.04–0.06 mg/kg을 투여한다. 1도 방실 차단인 경우 아트로핀 0.5mg을 투여한다.

(2) 심장박동조율

서맥이 완전 방실차단 혹은 동 기능부전 때문에 발생한 경우, 적절한 환기 및 산소공급, 가슴압박, 약물 투여 등에 반응하지 않는 경우, 특히 선천성 심질환 혹은 후천성 심질환과 관련된 경우에는 응급 경피 심장박동조율이 생명 유지에 도움이 될 수 있다. 그러나 무수축 혹은 심장정지 후 저산소성 허혈성 심근 손상이나 호흡 부전과 관련된 서맥의 경우 심장박동조율은 도움이 되지 않는다.

2) 빈맥의 치료(그림 49)

맥박이 잘 만져지는 빈맥 환자에게는 혈액학적 변화를 초래할 수 있는 다른 원인이 있는지를 확인하고 순환상태를 평가하면서 기도유지, 호흡 보조, 산소 투여 및 모니터와 제세동기를 부착하고 혈관로를 확보한다. 12 유도 심전도를 시행하여 심전도상 QRS 간격을 평가한다. 빈맥의 경우 유형에 따라 치료하는데 QRS 간격에 따라 좁은 QRS 빈맥($QRS \leq 0.09$ 초)과 넓은 QRS 빈맥($QRS > 0.09$ 초)으로 나눌 수 있으며 좁은 QRS 빈맥은 다시 동성 빈맥과 심실상 빈맥으로 나누어 접근한다.

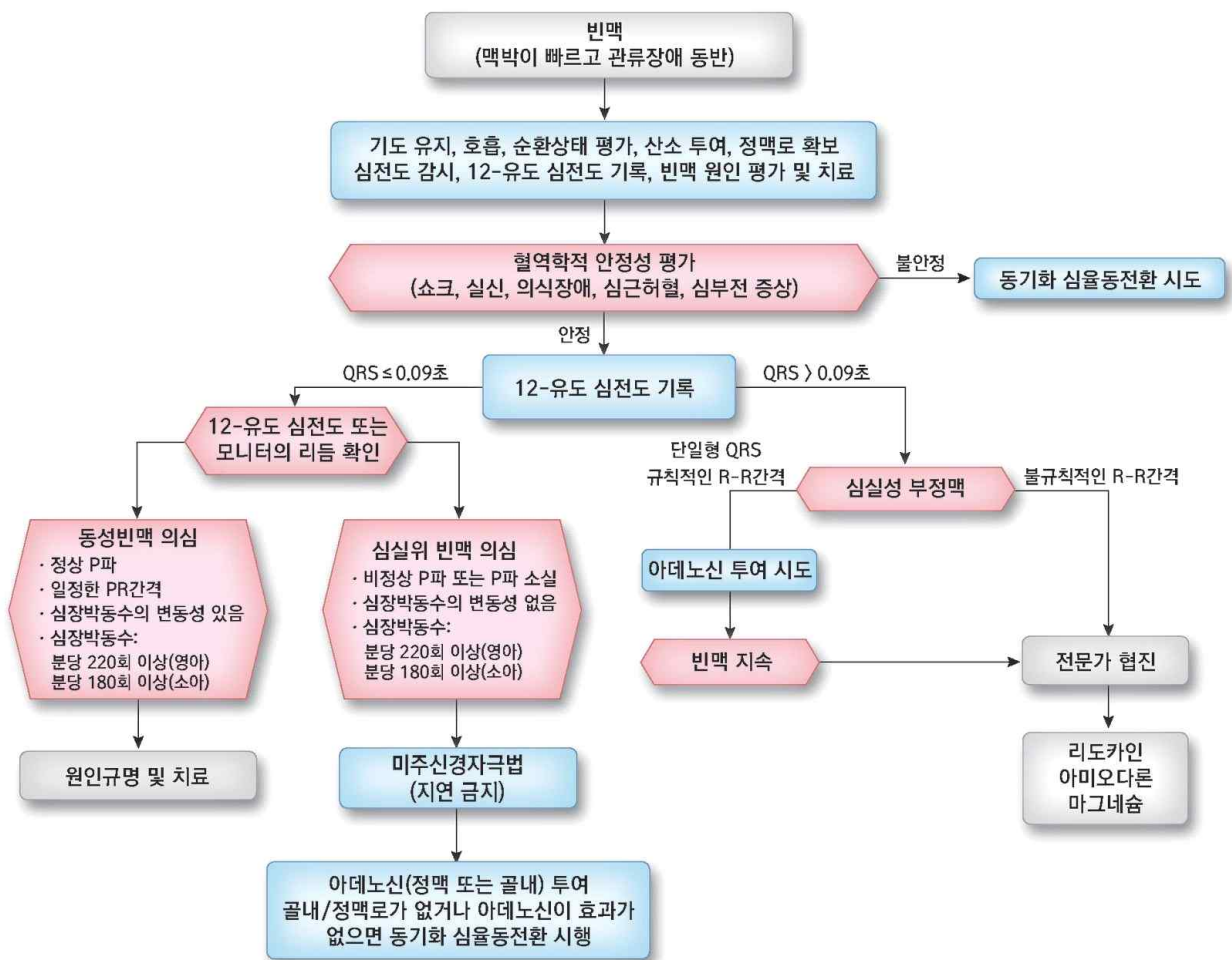


그림 49. 소아 빈맥의 치료 순서

표 9. 소아 빈맥 치료 참고표

치료		내용	
전기적 심장율동전환		모든 QRS파	0.5~1.0 J/kg로 시작 효과 없으면 2 J/kg로 증량 심장율동전환을 지연하지 말 것 필요하면 진정제 사용
약물 투여	아데노신	안정된 규칙적 좁은 QRS 빈맥 안정된 규칙적 넓은 QRS 빈맥	첫 번째 용량: 0.1 mg/kg을 덩이주사(최대 6mg)하고 생리식염수 5 mL/kg 이상 씻어내기 주사 두 번째 용량: 0.2 mg/kg 덩이주사(최대 12mg)
	아미오다론	안정된 규칙적 좁은 QRS 빈맥 안정된 규칙적 넓은 QRS 빈맥 안정된 넓은 QRS 빈맥	5 mg/kg을 정맥 내/골내 20~60분 이상에 걸쳐 투여 최대 일 회 용량 300mg

(1) 동성 빈맥

대부분 발열이나 수분 저하, 저혈량증, 통증 등 환자의 병력을 통해 진단할 수 있으며 기저 원인이 있으면 교정해 준다.

(2) 심실상 빈맥

정맥로 또는 골내 주입로가 확보된 경우 아데노신을 0.1 mg/kg(최대 6mg), 반응이 없는 경우 두 번째는 0.2 mg/kg(최대 12mg)을 투여할 수 있다. 투여 시 가능하다면 2개의 주사기를 T자형 연결이나 스톱콕(stopcock)에 연결하여 아데노신을 첫 번째 주사기로 빠르게 투여하고 즉시 두 번째 주사기의 생리식염수 5 ml 이상을 씻어내기 주입으로 빠르게 투여한다. 아데노신에 반응이 없는 만 1세 이상 소아의 심실상 빈맥은 정맥로 또는 골내 주입로를 통해 0.1~0.3 mg/kg의 베라파밀 투여를 고려할 수 있다.

그러나 베라파밀은 심근 저하와 저혈압 또는 심장정지를 유발할 수 있으므로, 반드시 소아 심장 전문의와 상의 후 투여하도록 한다. 환자가 혈액학적으로 불안정하거나 정맥로 또는 골내 주입로를 확보하지 못했거나 아데노신이 효과적이지 않다면 전기적 심장율동전환을 시도한다. 의식이 있는 소아의 경우에는 진정제를 미리 투여하고 초기에는 0.5~1 J/kg의 에너지 용량으로 시작하며 정상 동성 리듬으로 회복되지 않는 경우 용량을 증량하여 시행한다(2 J/kg까지 증량 가능). 만약 두 번째 전기적 심장율동전환이 실패하거나 빈맥이 빨리 재발한다면, 세 번째 심장율동전환 전에 아미오다론의 투여를 고려해 볼 수 있으며 소아 심장전문의와의 상의가 권고된다. 심전도와 혈압을 감시하면서 5 mg/kg을 20~60분간에 걸쳐 천천히 주입하도록 하며 소아 심장전문의와의 상담 없이 두 약물을 동시에 사용하는 것은 피하도록 한다.

(3) 넓은 QRS 빈맥

넓은 QRS 빈맥은 흔히 심실에서 발생하는 심실빈맥이지만 심실상성 원인일 수도 있다. 모든 부정맥 치료는 심각한 부작용이 발생할 수 있으므로 혈액학적으로 안정된 소아 부정맥 환자를 치료하기 전에는 해당 분야 전문가와 상의하는 것이 좋다. 혈액학적으로 불안정한 환자의 경우 0.5~1 J/kg의 초기 시작 용량으로 전기적 심장율동전환을 하고 만약 실패하면 용량을 2 J/kg로 증량한다. 만약, 저혈압 상태가 아니고 쇼크의 징후가 없으면서 리듬이 규칙적이고 QRS 형태가 단일형이면 아데노신 투여를 고려할 수 있다. 첫 번째 용량은 0.1 mg/kg(최대 6mg)으로 시작하여 반응이 없는 경우 두 번째 용량은 0.2 mg/kg(최대 12mg)까지 증량하여 투여한다. 단, 조기홍분 증후군 환자에게 넓은 QRS 빈맥이 있는 경우는 아데노신을 사용하지 말아야 한다. 아데노신은 심실빈맥과 심실상성 빈맥을 구분하는 데에 사용될 수 있으며, 심실상성 원인에 의한 넓은 QRS 빈맥을 정상 율동으로 전환하는 데에 사용할 수 있다. 아데노신은 리듬이 규칙적이고 QRS 형태가 단일형이면 고려한다. 소아 심장전문의에게 의뢰하여 약리적 심장율동전환으로 아미오다론이나 프로케이나마이드 투여를 고려해 볼 수 있다. 아미오다론은 5 mg/kg의

용량을 심전도와 혈압을 감시하면서 20~60분에 걸쳐 천천히 정맥 내 주사하도록 하며 혈압이 떨어지거나 QRS 간격이 넓어진다면 투여를 늦추거나 멈춘다. 소아 심장전문의와의 상담 없이 두 약물을 동시에 사용하지 않도록 한다. 전기적 심장율동전환은 깨어있는 환자라면 진정시킨 후에 초기에는 0.5-1 J/kg의 에너지 용량으로 시작하고, 만약 실패한다면 용량을 2 J/kg까지 올린다.

5. 체외막산소공급 장치(extracorporeal membrane oxygenation: ECMO)를 이용한 심폐소생술

체외막산소공급 장치를 사용한 소생술은 심장정지 시 자발순환으로 회복하지 못하는 환자에게 기계를 이용하여 정맥-동맥 체외막산소공급 장치(venoarterial extracorporeal membrane oxygenation, VA ECMO)를 적용하는 것을 의미한다. 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술은 많은 자원이 필요하고 복잡하며 다학제적인 협력이 요구되므로 적용 시 이에 대한 고려가 필요하다. 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술이 심장정지 후 예후를 개선한다는 연구도 있지만 모든 심장정지에서의 사용에 대한 결론을 내리기는 아직 근거가 부족한 상태이다.⁸⁷⁻¹⁰⁰ 병원내 소아 심장정지의 경우 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술이 가능하고 전통적인 소생술에 반응하지 않을 때 고려할 수 있다. 병원내 심장정지로 심폐소생술을 10분 이상 시행한 소아에게 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술을 사용했을 때 생존퇴원율과 양호한 신경학적 생존율이 개선되었다는 보고가 있다.⁹¹ 따라서 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술 프로토콜, 전문가, 장비가 잘 갖추어진 병원에서는 병원내 심장정지의 치료 과정에 체외막산소공급 장치를 사용한 소생술을 고려할 수 있다.¹⁰¹ 하지만, 심장에 기인한 심장정지가 아니면 심폐소생술의 기본 치료로 적용하는 것에 대한 근거는 아직 부족하다.^{74,102,103}

6. 특수 상황에서의 소생술

1) 패혈성 쇼크

초기의 적극적인 수액 투여가 소아에게 나타나는 패혈성 쇼크의 가장 중요한 치료로 간주하고 있으나 그 효과에 대해서는 논란이 있으며 아직 그 근거 수준은 매우 낮은 실정이다. 기존의 많은 치료 지침들은 초기에 20 mL/kg을 급속 정주하도록 권장하고 있다.^{104,105} 2020년에 개정된 Surviving Sepsis Campaign Guideline은 처음 한 시간 내에 10~20 mL/kg을 총합 최대 40~60 mL/kg이 될 때까지 반복적으로 급속 정주할 수 있다고 권장하고 있으며 만일 혈압이 낮지 않거나 중환자실 치료가 불가능할 경우는 급속 정주를 권장하지 않는다¹⁰⁶. 수액의 급속 정주는 치사율을 높이고 기계 환기의 필요성을 증가시키며,^{107~111} 일시적으로 순환을 호전시킬 수 있으나 그 효과가 오래 지속하지는 않는다.¹¹² 2015년 이후에 나온 두 개의 체계적 문헌고찰에서는 비록 제한이 많은 연구이긴 했으나 수액 급속 정주 치료의 이점이 발견되지 않았다.^{113,114} 종합적으로, 패혈성 쇼크가 의심되는 영아와 소아에게는 10~20 mL/kg의 급속 정주를 10분에 걸쳐 투여하며 총합이 최대 40~60 mL/kg를 넘기지 않을 것을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD). 한편, 저혈압이 동반되지 않은 열성 질환을 앓는 영아와 소아에게는 수액 급속 정주를 일상적으로 하지 않을 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD). 영아와 소아의 용적 반응성(volume-responsive) 쇼크는 심인성 쇼크와 임상적으로 구분하기가 매우 어려우므로 각각의 급속 정주 후에 용적 반응성과 용적 과다의 징후가 있는지 평가하여야 한다(권고 등급 I, 근거수준 C-LD). 2015년에 나온 한 개의 체계적 문헌고찰에서는 결정질(crystalloid) 용액과 콜로이드(colloid)용액의 효과는 차이가 없는 것으로 나타났다.¹¹⁵ 결정질 용액 중 Lactated Ringer's 용액으로 대표되는 균형 결정질(balanced crystalloid) 용액과 생리식염수로 대표되는 불균형 결정질(unbalanced crystalloid) 용액의 치료 효과의 차이에는 논란이 있다. 2015년 이후의 연구 중 두 개의 연구에서는 균형 결정질 용액의 이점이 드러나지 않았으나,^{116,117} 한 개의

연구에서는 균형 결정질 용액의 사용이 생존율을 증가시켰다.¹¹⁸ 또한, 생리식염수는 고염소성 대사성 산증을 초래하여 예후를 악화시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 종합적으로, 급속 정주 치료의 일차 선택 제재로 균형 결정질 용액을 권장하며 생리식염수와 알부민 등의 콜로이드용액을 대체제로 선택할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거수준 B-NR). 여러 번의 급속 정주에도 호전되지 않는 경우 혈관 작용제/심근 수축 촉진제를 조기에 투여해야 한다. 혈관 작용제/심근 수축 촉진제에도 반응하지 않는 경우 스트레스 용량의 코르티코스테로이드 투여를 고려한다.

2) 외상에 의한 출혈성 쇼크

출혈성 쇼크가 발생한 경우 결정질 용액의 급속 정주는 최소화하고 조기에 수혈을 고려한다.¹¹⁹⁻¹²⁴ 심한 순환 부전이 초래된 경우 응고기능을 높이기 위해 혈장, 혈소판, 피브리노겐, 응고인자 혹은 전혈 수혈을 고려한다.¹²⁵⁻¹²⁷ 수액 치료는 수액 과다를 배제하면서 적절한 조직 관류를 유지하기 위해 평균 동맥압, 젯산, 헤모글로빈, 임상적 평가, pH, 혈액 응고 장애 등의 치료 목표 지점에 따라 이루어져야 한다.¹²⁸ 비록 성인의 자료에 의한 것이긴 하나 과다한 수액 투여는 더 나쁜 예후와 연관이 있는 것으로 알려져 있으므로 허용 저혈압, 즉 해당 연령군에서 5% 이내에 해당하는 낮은 평균 동맥압을 목표로 하는 것을 고려한다.^{129,130} 단, 허용 저혈압은 뇌 손상을 악화시킬 수 있으므로 뇌 손상의 가능성이 있을 때는 고려하지 않는다. 수혈이 필요한 심각한 출혈이 있는 환자들에게는 외상 이후 세 시간 이내에 트라넥삼산(tranexamic acid)을 투여한다. 동공 반응 이상이 없는 글라스고 혼수척도 9-13점 정도의 중증도의 뇌 손상이 의심되는 환자에게도 트라넥삼산 투여를 고려한다. 15-20 mg/kg(최대 1g)을 급속 정주하고 시간당 2 mg/kg을 최소한 8시간 또는 출혈이 멈출 때까지 투여한다.¹³¹

3) 단심실

폐파린 투여는 전신-폐동맥 단락이나 우심실 폐동맥관을 가진 영아에게 고려한다. 심장정지에 대한 소생술 후 산소 투여는 전신 혈류와 폐동맥 혈류의 균형을 위하여 산소포화도가 약 80% 정도가 되는 것을 목표로 한다.¹³² 호기말 이산화탄소 분압은 단심실의 심폐소생술의 질적 관리 지표로는 신뢰할 수 없다.¹³³ 왜냐하면, 폐 혈류가 빠르게 변하고 심폐소생술 동안 심박출량을 정확히 반영하지 못하기 때문이다. 1단계 수술 전에 폐동맥-전신 혈류 비율이 증가하여 발생한 심장정지 전 상태 신생아의 경우 기계환기 시 분당 환기를 줄이고, 동맥혈 이산화탄소를 올리고 진정제 및 신경근차단제의 투여와 함께 기계환기 요법을 시행한다. 동맥혈 산소분압은 50~60mmHg 정도로 낮추고 이산화탄소 분압은 조금 높게 유지하는 것을 목표로 하여 폐혈관 저항을 높임으로써 체혈류 순환회복에 도움이 되도록 한다. 1단계 체-폐 단락 수술 후에는 중심 정맥 산소포화도 검사를 통한 산소전달 및 추출의 평가는 환자의 혈액학적 변화를 확인하는 데에 도움이 된다. 1단계 수술 후 폐동맥-전신 혈류 비율 증가에 의한 저 심박출량을 보이는 신생아에게는 전신 혈관확장제로 페녹시벤자민 같은 알파 교감신경 차단제를 사용하여 체혈관 저항의 증가를 낮출 수 있고, 진정 및 인공호흡기를 통한 환기를 통해 폐혈관 저항을 조절함으로써 전신 혈류 순환 및 산소 전달을 개선하고, 심장정지 가능성을 줄이는 효과를 얻을 수 있다.¹³⁴ 체혈관 저항을 줄이는 다른 약물로 밀리논, 나이트로프루사이드가 있는데 과도한 폐혈류 증가(높은 폐혈류:전신혈류 비, $Q_p:Q_s$)를 보일 때 투여를 고려할 수 있다. 일반적인 소생술에도 반응하지 않는 단심실 구조 환자의 심장정지에서는 체외 심폐소생술의 적용을 고려한다.^{135,136}

4) 폐동맥 고혈압

폐동맥 고혈압 환자의 경우 체내 산소 및 이산화탄소 분압이 폐혈관 저항에 영향을 미칠 수 있으므로 적절한 산소화 및 환기를 통해 이를 정상 상태로 교정해 주는 것이 중요하다. 일산화질소 흡입치료가

가능하다면 도움이 될 수 있으며 등장성 결정질 용액의 급속 정주는 심실의 전부하를 유지하는 데에 도움이 될 수 있다. 정맥투여 혹은 흡인요법으로 폐동맥 고혈압 치료를 하다가 중단되었던 환자라면 다시 시작하고 반응에 따라 다른 폐혈관 저항 강하 약물의 병용 투여도 고려해 볼 수 있다. 폐혈관 저항 강하 치료를 하고 있지 않던 환자라면 상황에 따라 사용 가능한 폐혈관 저항 강하 약물을 투여한다(일산화질소 흡입, 분무형 프로스타시클린, 정맥 내 프로스타시클린 투여 등).¹³⁷⁻¹³⁹ 폐혈관 확장 효과 외에도 심실의 기능 개선을 통한 체혈압 상승효과가 있는 밀리논의 투여를 고려할 수 있으나 순환혈액량이 적으면 저혈압이 발생할 수 있으므로 주의가 필요하다. 이와 같은 일반적인 폐혈관 저항 강하 요법에 잘 반응하지 않는 경우 체외막산소공급 장치의 적용이 도움이 될 수 있다.

5) 심근염 및 확장성 심근병증에 의한 심장정지

부정맥, 방실 차단, ST 분절의 변화 등과 같은 고위험 심전도 변화가 있는 급성 심근염 환자의 경우 심장정지가 발생할 가능성이 크므로 중환자실에서 근접한 모니터링을 하도록 한다.¹⁴⁰ 심근염 및 확장성 심근병증으로 인해 심박출량이 저하된 환자에게 체외순환 보조치료를 조기에 사용하는 것은 심장마비를 예방하는 데에 도움이 될 수 있으나, 아직 그 근거는 미약하다.¹⁴¹⁻¹⁴³

이 환자들의 성공적인 소생이 매우 어렵다는 점을 고려하였을 때, 체외 심폐소생술이나 심실 보조장치 등의 체외순환 보조치료가 가능한 병원으로 이송하여 조기에 시행하기를 권유한다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

7. 소생술 중 환자 감시 및 예후 예측 인자

1) 소생술 중의 환자 감시

영아나 소아의 심폐소생술에서 환자 상태에 대한 감시 및 적절한 피드백은 효과적으로 심폐소생술을 시행하고 더 나아가 심폐소생술의 예후를 향상시키는 데에 도움이 될 수 있다. 따라서, 심폐소생술 시행 중에 각각의 상황에 맞는 가능한 감시 방법들—시진을 통한 흉곽의 변화 확인, 심전도, 산소포화도, 혈압 측정계 및 맥박산소 측정, 근적외분광법(near infrared spectroscopy: NIRS), 심초음파 검사 등의 비침습적 방법, 동맥관, 중심정맥관, 호기말 이산화탄소 분압, 심박출량 감시 장치 등 침습적 방법 등—을 통해 효과적인 가슴압박 및 인공호흡이 이루어질 수 있도록 하고 자발순환의 회복 여부 평가에 이용할 수 있다.

(1) 심전도

가능한 한 빨리 심전도를 부착하여 리듬을 확인하고 이에 대한 적절한 평가 및 치료를 하도록 한다. 소생술 중 약물에 대한 반응 등의 평가를 위해 지속적인 심전도 감시가 권장된다.

(2) 맥박산소측정

심장정지 시에는 심박출량의 저하에 따라 말초 조직으로의 박동성 혈류 공급이 원활하지 못하므로 맥박산소포화도 측정에 의한 산소포화도 측정은 심폐소생술 시 적절한 감시 방법이 되지 못한다.

(3) 심초음파 검사

잘 훈련된 의료인과 적절한 장비가 있는 경우, 심장 이상과 관련하여 발생할 수 있는 심장정지의

교정 가능한 원인(심장눌림증, 복잡 심기형 관련 이상, 폐색전증 등)을 찾는 데에 도움을 받을 수 있다. 그러나 성인과는 달리 소아의 작은 체구로 인해 적절한 심초음파 검사를 위한 시야 확보를 위해서는 부득이하게 가슴압박을 중지해야 하는 경우가 많고, 교정 가능한 원인을 찾을 수 있는 것도 제한적이므로 가슴압박 중단에 따른 위험성과 심초음파 검사를 통해 도움을 받을 수 있는 유용성 간의 중요도를 생각해 볼 때 유용성에 대한 근거는 부족하다.

(4) 혈압

소아 중환자실에 입원해 있는 환자에게 동맥관이 있는 경우, 소생술 중 압력 파형 및 혈압 감시에 이용할 수 있고 이를 통해 가슴압박의 적절성과 자발순환의 회복 여부를 평가 및 확인할 수 있다. 심폐소생술 상황에서 영아와 소아의 저혈압은 나이 기준에 따른 5 백분위 수 미만의 수축기 혈압을 기준으로 다음과 같이 정의한다.

- 만삭아(0-28일): 수축기 혈압 < 60mmHg
- 1-12개월 영아: 수축기 혈압 < 70mmHg
- 1-10세 소아: 수축기 혈압 < $70 + (2 \times \text{나이})$ mmHg
- 10세 이상: 수축기 혈압 < 90mmHg

심폐소생술 중 침습적 동맥관을 통해 적절한 수축기, 이완기 및 중심 혈압을 감시하면서 가슴압박 및 이완을 조절한다면 적절한 관상동맥 혈류와 뇌 혈류 유지, 더 나아가 심폐소생술의 결과 및 예후 향상에 도움이 될 수 있지만, 감시를 목적으로 소생술 중 침습적 혈류역학 감시 장치를 삽입하는 것과 환자 예후와의 관련성에 대한 충분하고 정확한 근거는 없다.

(5) 호기말 이산화탄소 분압

호기말 공기 중 이산화탄소의 최대 농도를 나타내는 것으로 통상적으로 분압으로 표기한다(단위:mmHg). 정상 순환상태일 때 호기말 이산화탄소 분압은 35~40mmHg이다. 심장정지 상태에서는 몸에서 지속적으로 생성되는 이산화탄소를 폐로 전달해 주는 혈류가 없으므로 호기말 이산화탄소 분압은 거의 0에 가까운 값을 보인다. 심폐소생술을 하게 되면 가슴압박에 따른 심박출량의 생성 및 폐동맥 혈류 공급 때문에 폐로 가스가 전달되므로 호기말 이산화탄소 분압은 폐 환기량이 일정하다면 심박출량에 비례하게 된다. 따라서 지속적인 호기말 이산화탄소 분압의 감시는 소생술 중 가슴압박의 적절성을 평가하는 데에 도움이 된다. 소생술 중에 만일 호기말 이산화탄소가 지속적으로 10mmHg 미만이면 가슴압박을 더 효과적으로 하여 심박출량을 증가시킬 수 있도록 노력해야 하고 한편으로는 인공호흡 시 과환기를 하고 있지 않은지 주의해야 한다. 호기말 이산화탄소 분압이 급격히 증가하여(30mmHg 이상) 유지되는 경우 자발순환회복의 지표로 볼 수 있다. 호기말 이산화탄소 분압을 측정하는 것은 가슴압박을 멈추고 맥박을 확인하는 것보다 자발 순환회복을 빨리 알 수 있는 방법이 될 수 있다.¹⁴⁴ 그러나 에피네프린 등 혈관수축제를 투여한 경우에는 폐 혈류가 감소하여 호기말 이산화탄소 분압이 감소할 수 있으며 중탄산염나트륨을 투여한 후에는 그 분압이 상승할 수 있으므로 약물 투여에 따른 영향을 잘 인지하고 평가하는 것이 필요하다.^{38,132} 최근의 전향적 다기관 소아 중환자실 심폐소생술 연구에서는 소생술 중 호기말 이산화탄소 분압이 20mmHg 이상인 것이 생존퇴원율이나 자발순환회복률과 관계가 없고, 생존자와 비생존자 사이에 분압의 차이가 없었다는 결과가 나왔다.¹⁴⁵ 하지만, 이 연구는 43명의 중증 소아 환자를 대상으로 하여 소생술 첫 10분 동안의 측정치를 분석한 것으로 환자의 환기 상태와 약물 투여에 따른 영향이 있을 수 있어, 소아 심폐소생술에서 호기말이산화탄소 분압 측정의 유용성을 평가할 추가 연구가 필요하다고 제시하였다.

2) 소생술 중의 환자 감시 및 예후 예측 인자

병원밖 및 병원내 심장정지 후 순환회복된 소아의 신경학적 예후를 예측하기 위하여 연속 뇌파검사 혹은 간헐적 뇌파검사를 자주 시행하는 방법으로 경련 발생을 감시할 수 있다. 혈중 신경특이에놀라제, S-100 단백질, 젓산염, delta neutrophil index와 같은 생화학지표 검사와 확산강조 자기공명영상을 고려할 수 있다.¹⁴⁶⁻¹⁴⁸ 병원밖 및 병원내 심장정지 후 순환회복된 소아의 생존퇴원율과 단기 생존율을 예측하기 위해 혈압 감시와 delta neutrophil index 수치를 고려할 수 있다.¹⁴⁶

8. 소생후 통합치료

자발순환이 회복된 심장정지 환자는 집중 치료가 가능한 중환자실에서 진료하는 것이 권장된다. 적절한 환기와 산소화를 유지하기 위해 호흡기계 및 심혈관계 관리를 하고 호흡부전 및 쇼크 등에 대해 적극적으로 대처하며 혼수상태면 목표체온유지요법을 고려할 수 있다.

1) 목표체온유지요법

자발순환이 회복된 혼수상태의 소아를 대상으로 한 2개의 무작위 임상시험과 8개의 코호트 연구를 포함하여 시행된 체계적 문헌고찰에서 2,060명 환자의 신경학적 결과 개선, 생존율, 부작용을 비교한 결과, 32~34℃의 목표체온유지요법과 비교하여 36~37.5℃의 목표체온유지요법 또는 적극적인 체온 조절을 하지 않은 경우에 차이가 없었다.¹⁴⁹ 한편, 하위분석에서 병원밖 심장정지 소아 환자를 대상으로 32~34℃의 목표체온유지요법은 36~37.5℃ 또는 체온 조절을 하지 않은 경우와 비교하여 단기(30일) 및 중기(6개월) 생존율을 개선하였다.¹⁵⁰ 병원내 심장정지 소아 환자 대상에서는 32~34℃의 목표체온유지요법이 3~6개월 신경학적 결과와 생존율을 낮추었다.¹⁵¹ 심장정지 원인에 따른 분석에서는

질식성 심장정지(asphyxia arrest)가 의심되는 소아 환자를 대상으로 32~34℃의 목표체온유지요법이 36~37.5℃ 또는 체온 조절을 하지 않은 경우와 비교하여 단기(30일) 및 중기(6개월) 생존율 개선과 연관이 있었다.¹⁵⁰ 하지만, 익수 및 심인성 원인에 의한 심장정지의 경우에는 생존율, 신경학적 예후에 차이가 없었다. 이러한 근거들을 바탕으로 소아 심장정지 환자에게 자발순환회복 후 특정 온도(32~34℃ 또는 36~37.5℃)의 목표체온유지요법을 권고할 근거가 부족하나, 이 시기 상당수에서 고체온이 발생하고 발열이 나쁜 신경학적 예후와 연관이 있다는 연구가 있다. 목표체온유지요법의 시행은 체온 상승을 적극적으로 처치하고 예방하는 역할을 할 것으로 기대된다. 따라서, 심장정지 발생 후 자발순환이 회복된 소아 혼수 환자에게 목표체온유지요법과 상관없이 발열이 생기지 않도록 적극적으로 체온을 감시해야 하며, 목표체온유지요법을 시행할 경우 32~34℃ 또는 36~37.5℃ 사이의 목표 온도를 설정할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-LD). 소아의 발열은 해열제와 외부 냉각방법을 통해 적극적으로 치료할 수 있다. 저체온 시 떨림이 발생할 수 있는데, 이때 진정제를 사용하면 떨림을 방지할 수 있고 필요하면 신경근 차단제를 투여할 수 있지만, 발작을 가릴 수 있다는 점을 고려해야 한다. 이 경우 연속 뇌파검사를 시행하면 발작의 조기 발견에 도움이 될 수 있다.¹⁵² 아직 적절한 냉각 및 재가온의 방법은 확립되어 있지 않지만, 급격히 재가온해야 할 다른 이유가 없다면 재가온할 때 2시간에 섭씨 0.5도 이상 체온이 오르지 않도록 한다.

2) 호흡기계 관리

심폐소생술에서 회복된 모든 영아와 소아에 대하여 의료진은 동맥혈 산소분압과 이산화탄소 분압을 측정하고 적절한 목표를 설정하여 관리해야 한다. 소아에 대한 소생술 후 혈중 산소분압 및 이산화탄소 분압의 목표값에 따른 생존율 및 신경학적 예후를 비교한 무작위 대조군 연구는 없다. 그러나 낮은 근거수준의 관찰 연구들에서 과산소혈증 또는 저산소혈증은 예후와 관계가 없었으며, 고이산화탄소혈증과 저이산화탄소혈증 모두 낮은 생존율과 관계가 있다고 보고되었다.¹⁵³⁻¹⁵⁶ 따라서,

폐소생술 후 회복된 소아에게 특별한 이유가 없으면 정상 산소분압과 이산화탄소 분압을 유지할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거수준 C-NR). 하지만, 선천성 심장병의 경우 기형의 해부 생리학적 상황에 따라 적절한 혈중 산소분압이 심혈관계가 정상인 환자와 다를 수 있으므로 소아는 소생 직후의 단계에서 반드시 심혈관계 기형에 대하여 평가하여야 하며, 심혈관 기형이 의심되는 경우 반드시 심초음파 등을 통한 평가가 조기에 이루어져야 한다. 심장정지 후 단계에서 적절한 산소화 및 산소운반능이 유지될 때까지 산소를 투여하며, 의미 있는 호흡 장애 증상이 관찰되는 경우에는 환기 상태를 유지하기 위하여 기관내삽관과 기계환기 요법을 시행한다. 기관내삽관 후에는 내관의 위치를 임상적 검사, 흉부 방사선 검사로 확인하고 호기말 이산화탄소를 측정하여 평가한다. 기관내삽관된 환자의 경우 영아는 분당 30~40회, 소아는 분당 20~30회의 호흡수를 유지한다. 적절한 폐 환기는 호흡수와 일 회 호흡량에 의해 좌우된다. 일반적으로 일 회 호흡량은 흉곽 관찰 시 가슴이 부풀어 오를 정도면 충분하다. 기계환기가 시작되면 초기 일 회 호흡량을 6 mL/kg로 유지하는데, 맨눈으로 가슴이 확장되는 것이 보이고 폐 원위부에서 호흡음이 청진 되면 충분한 환기가 이루어진다고 판단할 수 있다. 용적 조절 환기를 하는 동안에 흡기시간은 나이에 따라 0.6-1.0초로 하여야 한다. 호기말 양압은 3~6cm H₂O 정도가 통상 사용되며, 기능적 잔기용량이 감소하여 있고 폐 허탈이 있는 경우에는 더 높은 양압이 필요할 수도 있다. 동맥혈 가스분석은 초기 기계환기 적용 후 10~15분에 시행한다. 의료진은 환자의 상태에 따라 적절한 동맥혈 산소분압, 이산화탄소 분압 목표를 설명하여 기계환기 설정을 조절한다. 동맥혈 이산화탄소 분압, 호기말 이산화탄소 분압, 동맥혈 산소분압을 측정하고 맥박산소포화도 측정기를 사용하면 폐 환기 및 혈액의 산소화 상태를 지속적으로 감시할 수 있다. 병원에서는 지속적으로 호기말 이산화탄소 분압을 측정하면 기계환기 환자의 이송이나 진단 시술 중에 발생하는 저환기 또는 과환기를 예방할 수 있다. 초조, 청색증, 호흡음 감소, 흉곽의 움직임, 빈맥, 기계환기와 조화된 자발적 호흡 등 지속적으로 임상적 평가를 하여 적절한 폐 환기 여부를 평가한다. 환자를 이송할 때에는 산소포화도와 심장박동수를 지속적으로 감시하여야 하며, 혈압과 호흡음, 관류

상태, 피부색을 자주 확인하여야 한다. 효과적인 기계환기 보조를 하고 있음에도 불구하고 불안정한 상태를 보이는 경우와 환자를 옮겨야 할 때는 매번 기관 튜브의 위치, 개통성 및 안정성을 재평가한다. 기관내삽관된 환자의 상태가 갑자기 악화한다면, 기도에서 기관 튜브가 빠진 경우, 튜브가 막힌 경우, 기흉의 발생, 장비의 결함과 같은 상황을 의심하여야 한다. 만약 기관 튜브의 위치와 개통성이 확인되고 기계 장애 또는 기흉이 없는 상태에서 환자가 초조해하면 진통과 진정이 필요할 수 있다. 신경근 차단제를 진통제나 진정제와 함께 사용하는 것이 환기를 적정화시키고, 내관이 빠지는 사고나 허파파리의 압력 외상을 최소화하는 데에 도움이 될 수 있다. 하지만, 신경근 차단제의 사용으로 경련 발작이 생긴 것을 알지 못할 수 있으므로 유의하여야 한다.

3) 심혈관계 관리

심장정지에서 회복된 이후에 지속적인 순환장애가 발생하는 경우가 많으므로, 심박출량의 감소, 쇼크의 발생을 조기에 발견하기 위하여 심혈관계 기능에 대한 평가를 지속적으로 자주 해야 한다. 조직 관류가 부적절한 경우에는 모세혈관 재충전의 감소, 말초 맥박 저하나 소실, 의식의 변화, 차가운 사지, 빈맥, 요량의 감소, 그리고 저혈압 등을 관찰할 수 있다. 심박출량의 감소나 쇼크는 충분한 수액이 공급되지 않는 경우, 말초 혈관 저항의 감소, 소생 후 기절 심근 현상에 의하여 이차적으로 발생한다.¹⁵⁷ 소생 직후에는 심박동수, 혈압, 산소포화도를 지속적으로 감시하여야 하고, 환자에 대한 직접 평가도 적어도 매 5분간 반복적으로 하여야 한다. 혈액학적으로 불안정한 소아에 대해서는 커프를 이용한 혈압 측정이 부정확할 수 있다. 지속적으로 심혈관계 이상이 있는 환자에게는 가능하다면 동맥 내 삽관을 하여 혈압을 감시한다. 소생술 후 자발순환회복 시기에 저혈압이 흔히 동반될 수 있고 이는 불량한 예후와 관련이 있으므로, 이 시기에 수축기 혈압은 최소한 나이 기준 5 백분위 수 이상을 유지하도록 해야 하며, 이를 위해 정맥 내 수액 투여 또는 수축 촉진제를 투여해야 한다.¹⁵⁸⁻¹⁶⁰ 저혈압 시 수액량은 심장기능이 감소하여 있는 경우가 아니면, 일차로 20 mL/kg로 덩이주사를 투여하며, 이후에도 저혈압성

쇼크인 경우 에피네프린, 도파민, 노르에피네프린 투약을 고려한다. 쇼크 상태를 평가하면서 가역적인 6H, 5T에 대한 부분을 확인하여 이를 교정하는 치료를 함께 해야 한다. 덩이 주사 이후 정상혈압이나 쇼크 상태를 보일 때는 도부타민, 도파민, 에피네프린, 밀리논 등의 약물 투약을 고려할 수 있다. 환자가 불안 증세나 경련이 있는 경우, 저혈당인 경우에는 이를 적극적으로 교정해 주어야 하며, 심장정지 회복 후 지속적으로 혼수상태면 목표체온유지요법을 시행한다. 전문과에 협진을 의뢰하면서 작은 규모의 의료기관이라면 3차 의료기관으로 이송을 준비하는 것이 필요하다. 요량은 내장기관 관류의 중요한 지표이다. 말초 관류 상태, 심박동수, 의식 상태가 반드시 혈액학적 이상에 의하여 발생하는 것은 아니다. 주변 온도나, 통증, 공포, 신경학적 기능 장애도 심박동수, 의식 상태 등에 영향을 줄 수 있다. 혈압이 정상 범위라도 조직에서는 쇼크 상태가 발생하거나 계속될 수 있다. 혈액학적으로 문제가 있는 환자에게는 가능한 요관을 삽관하여 요량을 감시하여야 한다. 골내 주사로가 삽입된 경우에는 안전한 중심정맥로가 확보된 후 제거한다. 환자의 순환상태를 확인하기 위하여 중심 정맥혈 또는 동맥혈 가스분석과 혈청 전해질, 포도당, 칼슘, 젖산농도의 수치를 측정한다. 흉부 방사선 검사는 기관 튜브의 위치와 심장 크기, 그리고 폐 상태를 평가하는 데에 도움이 된다(그림 50).

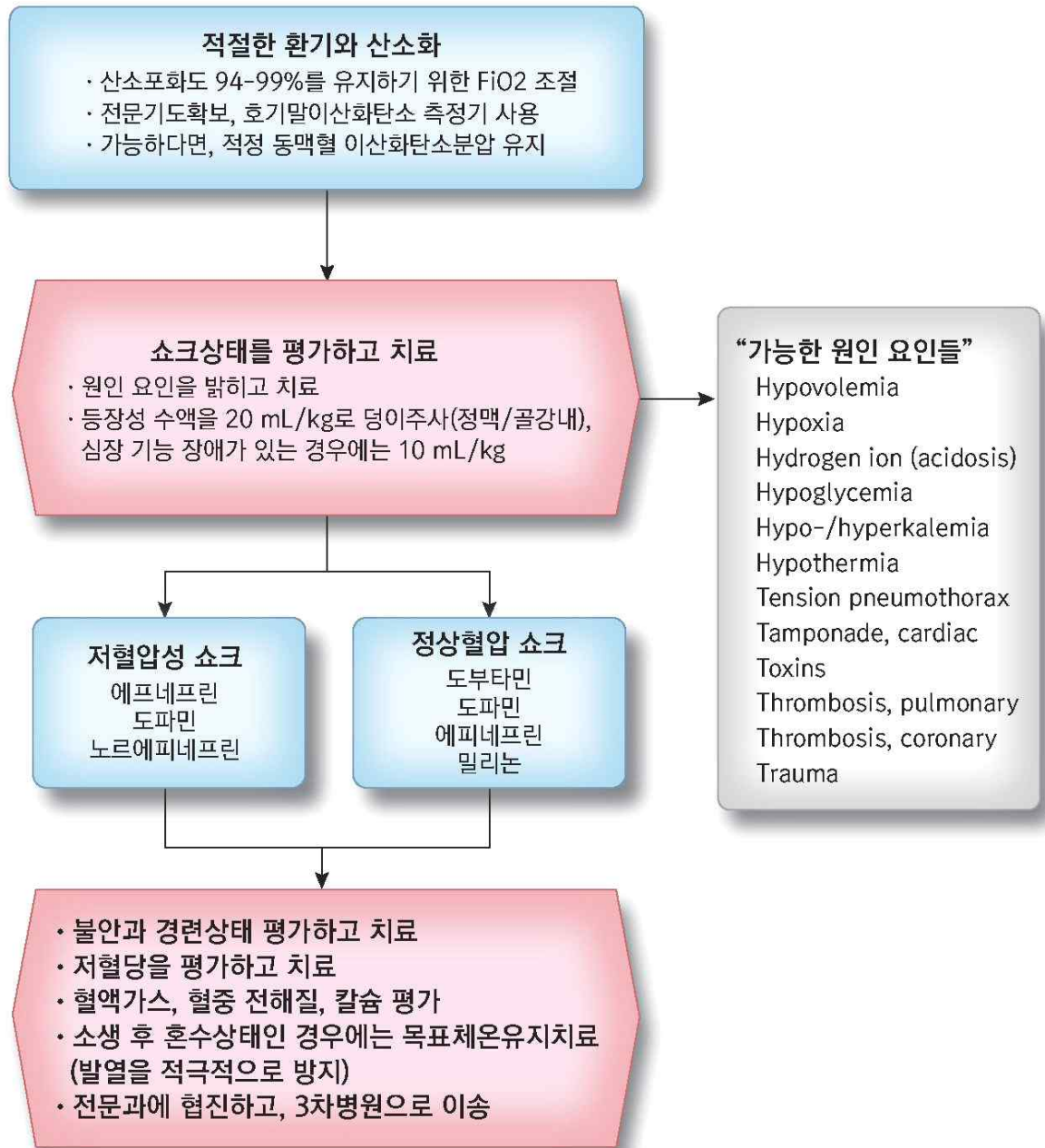


그림 50. 소생 후 쇼크 치료 순서

심박출량 유지를 위하여 사용되는 약물은 다음과 같다(표 10).

표 10. 심박출량 유지를 위하여 사용되는 약물

약물	용량 범위	특이사항
에피네프린	분당 0.1-1 $\mu\text{g/kg}$ 정맥 내/골내	심근수축, 심장박동수 증가 저용량에서 혈관확장 고용량에서 혈관수축
도파민	분당 2-20 $\mu\text{g/kg}$ 정맥 내/골내	심근 수축, 심장박동수 증가 저용량에서 신장 및 내장 혈관 확장 고용량에서 혈관수축
도부타민	분당 2-20 $\mu\text{g/kg}$ 정맥 내/골내	심근 수축, 혈관 확장
노르에피네프린	분당 0.1-2 $\mu\text{g/kg}$ 정맥 내/골내	혈관수축
암리논	5분에 걸쳐 0.75-1 mg/kg 정맥 내/골내, 2번 반복 가능 이후 분당 5-10 $\mu\text{g/kg}$	심근 수축, 혈관 확장
밀리논	부하 용량: 10~60분에 걸쳐 50 $\mu\text{g/kg}$ 정맥 내/골내 이후 분당 0.25-0.75 $\mu\text{g/kg}$	심근 수축, 혈관 확장
니트로푸루시드	초기: 분당 0.5-1 $\mu\text{g/kg}$ 정맥 내/골내 효과가 있을 때까지 최고 분당 8 $\mu\text{g/kg}$ 까지 증량	혈관 확장 D5W에 희석

심장정지와 소생술 후에는 흔히 심근의 기능 이상과 혈관의 불안정성이 동반된다. 소생술 후 패혈성 쇼크를 제외하고 대개는 초기에 체혈관 및 폐혈관 저항이 증가한다. 소생술 후 심혈관계 기능은 계속 변화하며 초기에는 과역동성 상태이다가 점차 심장 기능이 약화하는 쪽으로 진행한다. 따라서 소생술 후 심혈관계 기능 이상이 있거나 의심되면 심근 기능과 조직의 관류를 향상하기 위해 적절한 용량의 혈관 작용성 약물을 투여해야 한다. 소생술 후 혈관 작용성 약물의 효과에 대한 일관된 결과는 없지만,

특정 혈관 작용성 약물의 투여는 소아 또는 성인에게 혈액학적 호전을 보이는 것으로 보고되었다. 모든 약물의 선택과 용량은 환자 개개인에게 맞추어서 결정해야 하며 또한 확실한 정맥로를 통해 투여해야 한다. 카테콜아민 투여로 발생할 수 있는 합병증은 국소 조직 허혈 및 궤양, 빈맥, 심방 및 심실부정맥, 고혈압, 고혈당, 젖산증가, 저칼륨혈증 등의 대사이상이다. 카테콜아민계열 약물을 적절히 사용하려면 환자의 혈액학적 상태에 대한 정확한 정보가 필요하며, 임상적 검사로는 환자의 혈액학적 상태를 완전히 파악하기는 어렵다. 침습적인 혈액학적 감시를 통해 중심정맥압, 폐모세혈관쇄기압, 심박출량 등을 측정할 수 있으나, 수축기와 이완기 혈압을 유지하기 위하여 침습적인 혈액학적 감시를 사용하면서 심폐소생술을 시행하는 것을 반대하거나 권장할 만한 충분한 근거가 없는 상태이다(권고 등급 IIb, 근거수준 C-LD).

(1) 에피네프린

에피네프린은 어떤 원인으로든 전신 관류가 극도로 저하되어 있으면서 수액 요법에 반응하지 않는 쇼크의 치료에 사용된다. 에피네프린은 강력한 혈관수축제로 체혈관 저항을 증가시키고, 강력한 심장박동수 변동작용으로 심장박동수를 올린다. 혈액학적 변화가 보이는 서맥 환자가 산소 투여와 인공호흡에 반응하지 않을 때 에피네프린을 투여할 수 있다. 낮은 주입 속도($<0.3 \mu\text{g/kg/min}$)에서 에피네프린은 강력한 심근 수축 촉진제로 작용하며 혈관의 베타 교감신경 수용체에 작용하여 체혈관 저항을 감소시킨다. 주입 속도를 높이면($>0.3 \mu\text{g/kg/min}$) 에피네프린은 여전히 강력한 심근 수축 촉진 기능이 있으며 혈관의 알파 교감신경 수용체에 작용하여 체혈관 저항을 증가시킨다. 에피네프린의 투여 용량에 따른 효과는 환자에 따라 변화가 심하므로 목표하는 기대 효과를 얻기 위하여 약물의 용량을 수시로 조절해야 한다. 에피네프린은 심한 순환장애를 보이는 환자, 특히 영아에게는 도파민보다 효과적이다.¹⁶¹ 에피네프린의 주입은 일반적으로 $0.1-0.3 \mu\text{g/kg/min}$ 으로 시작하며 $1.0 \mu\text{g/kg/min}$ 까지 혈류역학 상태에 따라서 증량한다. 에피네프린은 안전한 정맥 내 주사 경로로 주입하여야 하며

조직으로 새는 경우 국소적 허혈과 궤양을 유발할 수 있다. 에피네프린은 또한 심방과 심실의 빈맥성 부정맥, 심한 고혈압, 대사성 변화(고혈당, 젖산농도 증가, 저칼륨혈증) 등을 일으킬 수 있다.

(2) 도파민

도파민은 직접적인 도파민성 효과와 노르에피네프린 분비를 자극하는 간접적 효과에 의해 베타 및 알파 교감신경 자극 효과를 나타낸다. 수액 요법에 반응이 없고 체혈관 저항이 낮은 쇼크를 치료하기 위해 도파민 용량을 조절하면서 투여한다. 낮은 주입 속도($0.5-2 \mu\text{g/kg/min}$)에서 도파민은 전형적으로 심장과 내장의 혈류를 증가시키고, 전신 혈역학에는 거의 영향을 미치지 않으며, 신생아에서는 $0.5-1.0 \mu\text{g/kg/min}$ 의 낮은 속도에서도 심박출량과 혈압이 증가하는 것으로 알려져 있다.¹⁶² 도파민은 정맥 내 주사 경로를 안전하게 확보한 다음에 주입하여야 한다. 주입 속도는 대개 $2-5 \mu\text{g/kg/min}$ 으로 시작하고 $10-20 \mu\text{g/kg/min}$ 까지 증량하여 혈압, 조직 관류, 요량이 개선되도록 한다. $5 \mu\text{g/kg/min}$ 이상으로 도파민을 투여하면, 심장의 베타 교감신경 수용체 흥분 효과가 발생하며 심장의 교감신경에 저장된 노르에피네프린이 분비된다. 만성 심부전 환자는 심근의 노르에피네프린이 고갈되어 있으며, 영아의 경우 생후 1개월 동안에는 심근의 교감신경 발달이 완전하지 않기 때문에 도파민의 심근 및 혈관수축 촉진 작용이 저하될 수 있다. 주입 속도가 $20 \mu\text{g/kg/min}$ 이상에서는 과도한 혈관수축작용이 발생하며 신혈관의 확장이 소실된다. 만약 심근수축력을 증가시키기 위하여 도파민을 $20 \mu\text{g/kg/min}$ 이상 투여해야 하는 상황이라면, 도파민보다는 에피네프린이나 도부타민을 투여하는 것이 권장된다. 또한, 혈압유지를 위하여 고용량 도파민을 투여해야 한다면, 노르에피네프린이나 에피네프린의 투여가 권장된다. 도파민은 빈맥, 혈관수축, 그리고 심실 기외수축을 일으킬 수 있다. 조직으로 도파민이 새는 경우 국소적 괴사를 일으킬 수 있다. 도파민과 다른 카테콜아민들은 염기 용액에서 부분적으로 불활성화되므로 중탄산염과 섞지 말아야 한다.¹⁶³

(3) 도부타민

도부타민은 합성 카테콜아민으로 비교적 베타 1 교감신경 수용체에 선택적으로 작용하며 베타 2 교감신경 수용체에는 적은 영향을 미친다. 따라서 도부타민은 선택적인 수축 촉진제이며 심근의 수축력을 증가시키고 체혈관 저항을 감소시킨다.¹⁶⁵ 도부타민은 영아와 소아의 심박출량을 증가시키고 혈압을 높이는 데에 효과적이다. 도부타민은 특히 심장정지 후와 같이 심근 기능 저하로 인한 이차적인 심박출량 저하를 치료하는 데에 사용될 수 있다. 도부타민은 2-20 $\mu\text{g/kg/min}$ 용량 범위에서 대개 사용된다. 고농도 주입 시에는 빈맥과 심실 기외수축이 생긴다. 소아의 경우 도부타민의 약동학과 임상적 반응이 환자마다 편차가 크므로 도부타민에 대한 각 환자의 반응에 따라 약용량을 조절하여야 한다.

(4) 노르에피네프린

노르에피네프린은 교감신경에서 분비되는 신경전달 물질이며, 강력한 수축 촉진제로서 말단의 알파, 베타 교감신경 수용체에 작용하여 강력한 심근 수축 촉진과 말초 혈관 수축을 가져온다. 임상적으로 사용되는 주입 속도에서는 알파 교감신경 흥분 효과가 우세하며, 이 작용 때문에 노르에피네프린의 효과와 부작용이 유발된다. 강력한 혈관수축제이므로 노르에피네프린은 수액 주입에 반응하지 않으며 체혈관 저항이 낮은 패혈성 쇼크, 척수 쇼크(spinal shock), 아나필락시스, 혈관 확장성 쇼크의 치료에 사용될 수 있다. 노르에피네프린은 0.1-2 $\mu\text{g/kg/min}$ 정도로 주입한다. 주입 속도는 원하는 혈압과 관류의 변화에 따라서 조절한다. 주요 부작용은 고혈압, 기관 허혈, 부정맥이다. 노르에피네프린은 안전한 중심정맥 경로로 투여하여야 한다.

(5) 심장수축 혈관확장제

암리논과 밀리논 같은 심장수축 혈관확장제는 심근의 산소요구량 증가에 최소한의 영향을 주면서 심박출량을 증가시킨다. 심장수축 혈관확장제는 심기능 저하와 체혈관 및 폐혈관 저항이 증가한 환자에게 사용된다. 혈관확장제처럼 심장수축 혈관확장제는 심근 산소요구량을 높이지 않고 심박출량을 증가시키며, 흔히 심장박동수에는 변화를 거의 초래하지 않는다. 순환혈액량이 적정하면 일반적으로 저혈압을 유발하지 않지만, 순환혈액량이 적으면 혈관 확장 작용 때문에 저혈압이 발생할 수 있다. 따라서 약물 투여 후 혈관 확장에 따른 수액 투여가 필요할 수 있다는 사실을 반드시 고려해야 한다.¹⁶⁵ 심장수축 혈관확장제의 주요 단점은 반감기가 길다는 것이다. 투여 시 부하 용량을 사용하고 유지용량을 주사한다. 암리논은 투여 속도 조절 후 혈액학적 효과가 나타나는 데까지 약 18시간이 걸리고, 밀리논은 대략 4.5시간이 걸린다. 따라서 만약 독성이 나타나서 투여를 중지해도 부작용이 바로 없어지지 않고 오래 지속한다.

4) 신경계 관리

소생술의 일차 목표는 뇌 기능의 유지이다. 소생술 후에도 이차적인 신경계 손상을 막기 위해 주의해야 한다. 과호흡 또는 과환기를 하지 않는다. 과호흡은 심장 기능과 뇌관류에 영향을 주어 신경계의 예후에 나쁜 영향을 준다. 뇌압의 갑작스러운 상승, 대광반사가 소실된 동공의 확장, 서맥, 고혈압 등 뇌탈출증 가능성의 징후가 있는 경우에는 짧은 시간 동안 의도된 과환기를 할 수 있다. 뇌파(electroencephalogram: EEG)와 같은 신경생리학적 정보를 감시하는 것은 환자의 상태를 파악하고 예후를 예측하는 데에 도움이 될 수 있다. 따라서 가능하다면 소아의 경련을 발견하기 위해 지속적으로 뇌전도를 감시하는 것이 권고된다. 소아 심장정지 후 비경련성 발작(nonconvulsive seizure), 비경련성 발작 지속(nonconvulsive status epilepticus)은 흔하고, 뇌파 모니터링 없이는 발견하기 어렵다.¹⁶⁶⁻¹⁶⁹ 경련성 발작 지속과 비경련성 발작 지속은 좋지 않은 예후와 관련되어 있다.¹⁶⁸ 그러므로 임상적인

경련이 있으면 반드시 이를 치료해야 하고, 비경련성 발작 지속이 있으면 신경 전문가의 도움을 구하는 것이 좋다.^{170,171} 심장정지 1주 내 뇌전도 감시는 심장정지 예후를 판단하는 데에 도움이 된다.^{169,171-174} 또한, 체외막산소공급 장치를 사용하고 있는 환자의 발작을 발견하는 데에 도움이 될 수 있다. 하지만 이러한 모니터링이 신경학적 예후를 개선할 수 있는지에 대해서는 추가 연구가 필요하다.

5) 신장계 관리

탈수나 부적절한 전신 관류 등에 의한 콩팥 전 상태나 콩팥의 허혈성 손상 또는 그 두 가지가 함께 작용하여 소변량 감소(영아와 소아 <1 mL/kg/h, 청소년 <30 mL/h)가 발생할 수 있다. 콩팥 기능이 확인될 때까지는 신장 독성이 있는 약물의 사용을 피하고 콩팥으로 배출되는 약물의 용량을 조절한다.

6) 위장관계 관리

장음이 없거나, 복부가 팽창된 경우 또는 환자에게 기계환기가 필요할 때는 코-위 또는 입-위 삽관을 하여 위 팽창을 예방하거나 치료한다. 안면 손상이나 두개 기저골 골절 환자의 경우에는 튜브가 두개 내로 들어갈 수 있으므로 코-위 삽관은 금기이다.

9. 소생술 후 예후 예측 인자

병원밖 및 병원내 심장정지 소아 환자를 대상으로 순환회복 후 목표체온유지요법을 시행한 다기관 무작위비교연구에서 순환회복 5일 이내에 경련이 있었던 환자는 신경학적 예후가 불량했다.¹⁷⁵ 병원밖 및 병원내 심장정지 소아 환자를 대상으로 시행한 단일기관 후향적 관찰 연구에서 순환회복 후 2주 이내에 시행한 확산강조 영상 MRI가 불량한 신경학적 예후를 예측하는 데에 높은 특이도를 보였다.¹⁴⁸ 병원밖 및 병원내 심장정지 소아 환자를 대상으로 시행한 단일기관 후향적 관찰 연구에서 순환회복 후

delta neutrophil index 수치가 30일 생존율과 신경학적 예후를 예측하는 데에 의미가 있었다.¹⁴⁶ 병원 내 심장정지 소아 환자를 대상으로 시행한 후향적 관찰 연구에서 순환 회복된 환자의 신경특이에놀라제, S-100 단백질의 수치가 높은 경우는 불량한 신경학적 예후를 보였다.¹⁷⁶ 병원밖 심장정지 소아 환자를 대상으로 시행한 다기관 전향적 무작위 관찰 연구에서 순환회복 6시간 이내에 저혈압이 있었던 환자는 저혈압이 없었던 환자에 비하여 생존퇴원율이 낮았다.¹⁷⁷ 병원밖 심장정지 소아 환자를 대상으로 시행한 단일기관 후향적 관찰 연구에서 순환회복 직후 목표체온유지요법 시작 전 시행한 젖산염 수치, 글라스고 혼수척도, 대광반사 반응의 유무가 6개월 신경학적 예후를 판단하는 데에 의미 있게 관련 있는 요소였다.¹⁷⁸ 현재까지 소생술 후 예후 예측 인자 중 특정 요소에 관해 반복된 연구들은 없었다. 병원의 여건에 따라 지침에 제시된 임상적, 혈액학적, 영상적 검사를 순환회복 후 선택적으로 사용할 것을 권장한다. 병원밖 및 병원내 심장정지로부터 순환회복된 소아의 생존퇴원율과 단기 생존율을 예측하기 위해 혈압 감시와 delta neutrophil index 수치를 고려할 수 있다. 병원밖 및 병원내 심장정지로부터 순환회복된 소아의 신경학적 예후를 예측하기 위하여 경련 발생을 감시하거나 신경특이에놀라제, S-100 단백질, 젖산염 수치, delta neutrophil index와 같은 생화학지표 검사와 확산강조 영상 자기공명영상을 고려할 수 있다.

10. 소생술 시 가족의 참관

소아의 보호자는 환자의 상태에 대해 알고 싶어서 심폐소생술 현장을 참관한다. 소생술이 진행되는 장소의 여러 가지 특성에 따라 차이가 있을 수 있지만, 보호자의 참관은 점차 늘어가고 있다. 소생술을 참관했던 보호자는 주변의 다른 보호자에게 이를 권하기도 하며 특히 만성 질환이 있는 환자의 보호자는 치료와 관련된 기구 등 환자와 관련된 여러 가지 상황에 익숙하며 또한 마지막 순간에 사랑하는 가족과의 이별을 함께 하고자 하는 바람이 있어 가족들이 소생술을 참관하는 경우 더

편안함을 느끼고 슬픔을 더 잘 받아들이는 것으로 알려져 있다. 가족이 참관하여도 의료진이 불편하거나 소생술에 방해가 되는 등의 좋지 않은 영향은 주지 않으므로 상황에 따라 가능하다면 보호자에게 참관 여부를 선택하도록 해야 한다.¹⁷⁹⁻¹⁸¹ 그러나 참관 중인 가족이 소생술을 시행하는 데에 나쁜 영향을 주거나 방해가 된다고 판단되는 경우는 정중하게 자리를 비켜 주기를 요구해야 한다. 가족 참관 하에 소생술을 시행하는 경우 소생술 팀의 모든 구성원은 가족이 참관하고 있다는 사실을 잘 인지하고 그중 한 명은 가족을 심리적으로 안정시켜 줄 수 있도록 가족 곁에 있으면서 상황에 대한 설명 및 그들의 질문에 답해 주고 가족을 위로해 줄 수 있도록 한다.¹⁸²

11. 설명되지 않는 갑작스러운 사망

영아나 소아가 원인이 설명되지 않는 급작스러운 사망을 한 경우 부검을 해도 원인을 알 수 없는 경우가 드물지 않다.¹⁸³ 영아 급사증후군과 소아 또는 젊은 성인의 갑작스러운 사망이 심장의 이온 통로 이상을 일으키는 유전적 변이와 연관이 있다는 증거가 증가하고 있다.^{184,185} 이온 통로 이상은 세포 안팎으로 전해질의 이동에 이상이 생겨 심장에 부정맥이 발생할 수 있게 되는 근 세포의 이온 통로기능 이상이다. 갑작스럽게 사망한 환자의 약 2-10% 정도에서 유전자 변이가 확인되며 일상적인 부검에서 원인이 확실하지 않은 젊은 성인의 갑작스러운 사망의 경우 14~20% 정도 심장 이온 통로 이상을 일으키는 유전자 변이를 볼 수 있다.¹⁸⁶ 소아나 젊은 성인에게 설명되지 않는 갑작스러운 심장정지가 발생하면 실신, 발작, 설명되지 않는 사고, 50세 이전의 갑작스러운 사망 등의 가족력과 환자의 과거력을 확인하고 이전의 심전도 검사를 다시 확인해야 하고 가능하면 부검을 권장한다. 부검에서 사망 원인이 확인되지 않은 희생자의 가족은 부정맥 전문의가 있는 병원으로 진료를 의뢰할 필요가 있다. 많은 경우 최종 원인을 밝히지 못하지만, 설명하기 어려운 내적 요인, 발달과 관련된 문제, 환경적 요인이 그 원인일 것으로 추정된다. 아직 한계가 많으나 정확한 원인을 밝히고자 하는 노력은 이런

갑작스러운 영아 사망을 방지하고 소아 심폐소생술의 성적을 높이는 데에 도움이 될 것이다.

12. 병원 간 이송

소아 환자의 심폐소생술 후 생존율은 향상되고 있으나,¹⁸⁷ 고품질 전문소생술만큼 자발순환회복 이후 및 회복을 위한 치료 역시 매우 중요하다. 회복 후 환자에게 저혈압 치료, 산소 적정 치료, 발작 감지 및 치료, 목표체온유지치료가 이루어져야 하는데 이러한 치료는 소아 중환자 진료 전문가가 시행해야 한다. 만약 환자가 치료 중인 의료기관에서 치료를 위한 의료자원이 부족하다면 소생술 초기에 치료 가능한 기관의 전문의료인과 환자의 이송 계획을 함께 논의해야 한다. 소아 중환자 전문의료인이 있는 의료기관으로의 이송은 환자 상태가 안정되거나 호전된 상태에서 전원 받는 의료기관과 긴밀하게 협조하여 환자를 최대한 안전하게 이송해야 한다. 이송 시 발생할 수 있는 합병증을 줄이기 위해 환자의 이송 중 필요한 장비, 이송팀의 구성, 이송 체계는 환자 상태에 따라, 소아 응급의학 또는 소아 중환자 치료에 대한 전문 교육을 받고 임상 경험을 가진 의사가 결정, 확인 및 감독하여야 한다. 이송팀에는 중증 상태의 소아를 처치할 수 있는 전문 교육을 받은 의료인이 포함되어야 한다. 기관내삽관 상태인 환자의 이송 시 폐 환기와 산소화 상태 감시를 위해 맥박산소측정 및 호기말 이산화탄소 분압의 지속적 측정 및 감시가 도움이 될 수 있다. 또한, 소아 중환자의 이송 과정에서 환자 안전을 위해서 환자 인계를 위한 표준화된 의사소통이 필요하다. 이러한 정보제공은 환자 안전을 위하고 병원 간 의료진의 진단 차이를 줄이는 데에 기여할 수 있다¹⁸⁸.

13. 소아에 대한 소생시도의 종료

자발순환이 회복되지 않는 영아와 소아에게 소생시도를 언제까지 계속할지를 결정하는 데에 도움이 되는 일반적인 지표는 없다. 목격된 경우, 목격자에 의해 소생술이 시행된 경우, 쓰러진 후 빨리 전문가가 도착한 경우 등이 병원밖 심장정지에서 효과적인 소생술의 가능성을 증가시키지만, 소생술 지속시간, 심장정지의 원인, 이전에 가지고 있던 질환, 나이, 심장정지가 일어난 장소, 쓰러지는 순간의 목격 여부 등의 요인 중 어느 것도 예후와 직접적인 관련은 없다.^{189,190} 소생시도의 종료는 경우마다 여러 요인을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다.

참고문헌

1. Maconochie IK, Aickin R, Hazinski MF, et al. Pediatric Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A120–A55.
2. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
3. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
4. Salvatierra G, Bindler RC, Corbett C, Roll J, Daratha KB. Rapid response team implementation and in-hospital mortality*. *Crit Care Med* 2014;42(9):2001–6.
5. Spångfors M, Molt M, Samuelson K. In-hospital cardiac arrest and preceding National Early Warning Score (NEWS): A retrospective case-control study. *Clin Med (Lond)* 2020;20(1):55–60.
6. Edelson DP, Sasson C, Chan PS, et al. Interim Guidance for Basic and Advanced Life Support in Adults, Children, and Neonates With Suspected or Confirmed COVID-19: From the Emergency Cardiovascular Care Committee and Get With The Guidelines-Resuscitation Adult and Pediatric Task Forces of the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(25):e933–e43.
7. Nolan JP, Monsieurs KG, Bossaert L, et al. European Resuscitation Council COVID-19 guidelines executive summary. *Resuscitation* 2020;153:45–55.
8. Dieckmann RA, Vardis R. High-dose epinephrine in pediatric out-of-hospital cardiopulmonary arrest. *Pediatrics* 1995;95(6):901–13.
9. Perondi MB, Reis AG, Paiva EF, Nadkarni VM, Berg RA. A comparison of high-dose and standard-dose epinephrine in children with cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004;350(17):1722–30.
10. Rodríguez Núñez A GC, López-Herce Cid J; Grupo de Estudio de la Parada Cardiorrespiratoria

en Pediatría. Rodríguez Núñez A, et al. Is high-dose epinephrine justified in cardiorespiratory arrest in children? *An Pediatr (Barc)* 2005;62(3):113-6.

11. Berg MD, Samson RA, Meyer RJ, Clark LL, Valenzuela TD, Berg RA. Pediatric defibrillation doses often fail to terminate prolonged out-of-hospital ventricular fibrillation in children. *Resuscitation* 2005;67(1):63-7.

12. Rossano JW, Quan L, Kenney MA, Rea TD, Atkins DL. Energy doses for treatment of out-of-hospital pediatric ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2006;70(1):80-9.

13. van Haarst AD, van 't Klooster GA, van Gerven JM, et al. The influence of cisapride and clarithromycin on QT intervals in healthy volunteers. *Clin Pharmacol Ther* 1998;64(5):542-6.

14. Ray WA, Murray KT, Meredith S, Narasimhulu SS, Hall K, Stein CM. Oral erythromycin and the risk of sudden death from cardiac causes. *N Engl J Med* 2004;351(11):1089-96.

15. Brown LH, Manring EA, Kornegay HB, Prasad NH. Can prehospital personnel detect hypoxemia without the aid of pulse oximeters? *Am J Emerg Med* 1996;14(1):43-4.

16. Gausche M, Lewis RJ. Out-of-hospital endotracheal intubation of children. *JAMA* 2000;283(21):2790-2.

17. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, et al. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2004;109(16):1960-5.

18. Davidovic L, LaCovey D, Pitetti RD. Comparison of 1- versus 2-person bag-valve-mask techniques for manikin ventilation of infants and children. *Ann Emerg Med* 2005;46(1):37-42.

19. Carenzi B, Corso RM, Stellino V, et al. Airway management in an infant with congenital centrofacial dysgenesis. *Br J Anaesth* 2002;88(5):726-8.

20. Fraser J, Hill C, McDonald D, Jones C, Petros A. The use of the laryngeal mask airway for inter-hospital transport of infants with type 3 laryngotracheo-oesophageal clefts. *Intensive Care Med* 1999;25(7):714-6.

21. Iohom G, Lyons B, Casey W. Airway management in a baby with femoral hypoplasia-unusual

facies syndrome. *Paediatr Anaesth* 2002;12(5):461–4.

22. Johr M, Berger TM, Ruppen W, Schlegel C. Congenital laryngotracheo–oesophageal cleft: successful ventilation with the Laryngeal Mask Airway. *Paediatr Anaesth* 2003;13(1):68–71.

23. Leal–Pavey YR. Use of the LMA classic to secure the airway of a premature neonate with Smith–Lemli–Opitz syndrome: a case report. *AANA J* 2004;72(6):427–30.

24. Russell P, Chambers N, du Plessis J, Vijayasekeran S. Emergency use of a size 1 laryngeal mask airway in a ventilated neonate with an undiagnosed type IV laryngotracheo–oesophageal cleft. *Paediatr Anaesth* 2008;18(7):658–62.

25. Scheller B, Schalk R, Byhahn C, et al. Laryngeal tube suction II for difficult airway management in neonates and small infants. *Resuscitation* 2009;80(7):805–10.

26. Stocks RM, Eggerman R, Thompson JW, Peery M. Airway management of the severely retrognathic child: use of the laryngeal mask airway. *Ear Nose Throat J* 2002;81(4):223–6.

27. Yao CT, Wang JN, Tai YT, Tsai TY, Wu JM. Successful management of a neonate with Pierre–Robin syndrome and severe upper airway obstruction by long term placement of a laryngeal mask airway. *Resuscitation* 2004;61(1):97–9.

28. Daugherty RJ, Nadkarni V, Brenn BR. Endotracheal tube size estimation for children with pathological short stature. *Pediatr Emerg Care* 2006;22(11):710–7.

29. Hofer CK, Ganter M, Tucci M, Klaghofer R, Zollinger A. How reliable is length–based determination of body weight and tracheal tube size in the paediatric age group? The Broselow tape reconsidered. *Br J Anaesth* 2002;88(2):283–5.

30. Weiss M, Dullenkopf A, Fischer JE, Keller C, Gerber AC. Prospective randomized controlled multi–centre trial of cuffed or uncuffed endotracheal tubes in small children. *Br J Anaesth* 2009;103(6):867–73.

31. Dullenkopf A, Gerber AC, Weiss M. Fit and seal characteristics of a new paediatric tracheal tube with high volume–low pressure polyurethane cuff. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49(2):232–7.

32. Salgo B, Schmitz A, Henze G, et al. Evaluation of a new recommendation for improved cuffed tracheal tube size selection in infants and small children. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006;50(5):557–61.
33. Duracher C, Schmautz E, Martinon C, Faivre J, Carli P, Orliaguet G. Evaluation of cuffed tracheal tube size predicted using the Khine formula in children. *Paediatr Anaesth* 2008;18(2):113–8.
34. Browning DH, Graves SA. Incidence of aspiration with endotracheal tubes in children. *J Pediatr* 1983;102(4):582–4.
35. Khine HH, Corddry DH, Kettrick RG, et al. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology* 1997;86(3):627–31.
36. Newth CJ, Rachman B, Patel N, Hammer J. The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 2004;144(3):333–7.
37. Kim JT, Kim HJ, Ahn W, et al. Head rotation, flexion, and extension alter endotracheal tube position in adults and children. *Can J Anaesth* 2009;56(10):751–6.
38. Cantineau JP, Merckx P, Lambert Y, Sorkine M, Bertrand C, Duvaldestin P. Effect of epinephrine on end-tidal carbon dioxide pressure during prehospital cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med* 1994;12(3):267–70.
39. Ornato JP, Shipley JB, Racht EM, et al. Multicenter study of a portable, hand-size, colorimetric end-tidal carbon dioxide detection device. *Ann Emerg Med* 1992;21(5):518–23.
40. Brunette DD, Fischer R. Intravascular access in pediatric cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 1988;6(6):577–9.
41. Horton MA, Beamer C. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients. *Pediatr Emerg Care* 2008;24(6):347–50.
42. Banerjee S, Singhi SC, Singh S, Singh M. The intraosseous route is a suitable alternative to intravenous route for fluid resuscitation in severely dehydrated children. *Indian Pediatr* 1994;31(12):1511–20.
43. Andropoulos DB, Soifer SJ, Schreiber MD. Plasma epinephrine concentrations after

intraosseous and central venous injection during cardiopulmonary resuscitation in the lamb. *J Pediatr* 1990;116(2):312–5.

44. Johnson L, Kissoon N, Fiallos M, Abdelmoneim T, Murphy S. Use of intraosseous blood to assess blood chemistries and hemoglobin during cardiopulmonary resuscitation with drug infusions. *Crit Care Med* 1999;27(6):1147–52.

45. Kanter RK, Zimmerman JJ, Strauss RH, Stoeckel KA. Pediatric emergency intravenous access. Evaluation of a protocol. *Am J Dis Child* 1986;140(2):132–4.

46. Johnston C. Endotracheal drug delivery. *Pediatr Emerg Care* 1992;8(2):94–7.

47. Jasani MS, Nadkarni VM, Finkelstein MS, Mandell GA, Salzman SK, Norman ME. Effects of different techniques of endotracheal epinephrine administration in pediatric porcine hypoxic–hypercarbic cardiopulmonary arrest. *Crit Care Med* 1994;22(7):1174–80.

48. Raehl CL. Endotracheal drug therapy in cardiopulmonary resuscitation. *Clin Pharm* 1986;5(7):572–9.

49. Lubitz DS, Seidel JS, Chameides L, Luten RC, Zaritsky AL, Campbell FW. A rapid method for estimating weight and resuscitation drug dosages from length in the pediatric age group. *Ann Emerg Med* 1988;17(6):576–81.

50. Garland JS, Kishaba RG, Nelson DB, Losek JD, Sobocinski KA. A rapid and accurate method of estimating body weight. *Am J Emerg Med* 1986;4(5):390–3.

51. Young KD, Korotzer NC. Weight Estimation Methods in Children: A Systematic Review. *Ann Emerg Med* 2016;68(4):441–51.e10.

52. Jang HY, Shin SD, Kwak YH. Can the Broselow tape be used to estimate weight and endotracheal tube size in Korean children? *Acad Emerg Med* 2007;14(5):489–91.

53. So TY, Farrington E, Absher RK. Evaluation of the accuracy of different methods used to estimate weights in the pediatric population. *Pediatrics* 2009;123(6):e1045–51.

54. Niemann JT, Criley JM, Rosborough JP, Niskanen RA, Alferness C. Predictive indices of

successful cardiac resuscitation after prolonged arrest and experimental cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med* 1985;14(6):521–8.

55. Sanders AB, Ewy GA, Taft TV. Prognostic and therapeutic importance of the aortic diastolic pressure in resuscitation from cardiac arrest. *Crit Care Med* 1984;12(10):871–3.

56. Enright K, Turner C, Roberts P, Cheng N, Browne G. Primary cardiac arrest following sport or exertion in children presenting to an emergency department: chest compressions and early defibrillation can save lives, but is intravenous epinephrine always appropriate? *Pediatr Emerg Care* 2012;28(4):336–9.

57. Jacobs IG, Finn JC, Jelinek GA, Ozer HF, Thompson PL. Effect of adrenaline on survival in out-of-hospital cardiac arrest: A randomised double-blind placebo-controlled trial. *Resuscitation* 2011;82(9):1138–43.

58. Matamoros M, Rodriguez R, Callejas A, et al. In-hospital pediatric cardiac arrest in Honduras. *Pediatr Emerg Care* 2015;31(1):31–5.

59. Andersen LW, Berg KM, Saindon BZ, et al. Time to Epinephrine and Survival After Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA* 2015;314(8):802–10.

60. Somberg JC, Bailin SJ, Haffajee CI, et al. Intravenous lidocaine versus intravenous amiodarone (in a new aqueous formulation) for incessant ventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 2002;90(8):853–9.

61. Jones P, Dager S, Denjoy I, et al. The effect of atropine on rhythm and conduction disturbances during 322 critical care intubations. *Pediatr Crit Care Med* 2013;14(6):e289–97.

62. Valdes SO, Donoghue AJ, Hoyne DB, et al. Outcomes associated with amiodarone and lidocaine in the treatment of in-hospital pediatric cardiac arrest with pulseless ventricular tachycardia or ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2014;85(3):381–6.

63. Dorian P, Cass D, Schwartz B, Cooper R, Gelaznikas R, Barr A. Amiodarone as compared with lidocaine for shock-resistant ventricular fibrillation. *N Engl J Med* 2002;346(12):884–90.

64. Wilson FC, Harpur J, Watson T, Morrow JJ. Adult survivors of severe cerebral hypoxia—case

series survey and comparative analysis. *NeuroRehabilitation* 2003;18(4):291–8.

65. Thomson PD, Melmon KL, Richardson JA, et al. Lidocaine pharmacokinetics in advanced heart failure, liver disease, and renal failure in humans. *Ann Intern Med* 1973;78(4):499–508.

66. Quintard H, l'Her E, Pottecher J, et al. Experts' guidelines of intubation and extubation of the ICU patient of French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR) and French-speaking Intensive Care Society (SRLF) : In collaboration with the pediatric Association of French-speaking Anaesthetists and Intensivists (ADARPEF), French-speaking Group of Intensive Care and Paediatric emergencies (GFRUP) and Intensive Care physiotherapy society (SKR). *Ann Intensive Care* 2019;9(1):13–.

67. Jones P, Peters MJ, Pinto da Costa N, et al. Atropine for critical care intubation in a cohort of 264 children and reduced mortality unrelated to effects on bradycardia. *PLoS One* 2013;8(2):e57478.

68. Fastle RK, Roback MG. Pediatric rapid sequence intubation: incidence of reflex bradycardia and effects of pretreatment with atropine. *Pediatr Emerg Care* 2004;20(10):651–5.

69. Zwiener RJ, Ginsburg CM. Organophosphate and carbamate poisoning in infants and children. *Pediatrics* 1988;81(1):121–6.

70. Beiser DG, Carr GE, Edelson DP, Peberdy MA, Hoek TL. Derangements in blood glucose following initial resuscitation from in-hospital cardiac arrest: a report from the national registry of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2009;80(6):624–30.

71. Vukmir RB, Katz L. Sodium bicarbonate improves outcome in prolonged prehospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2006;24(2):156–61.

72. Lokesh L, Kumar P, Murki S, Narang A. A randomized controlled trial of sodium bicarbonate in neonatal resuscitation—effect on immediate outcome. *Resuscitation* 2004;60(2):219–23.

73. Raymond TT, Stromberg D, Stigall W, Burton G, Zaritsky A. Sodium bicarbonate use during in-hospital pediatric pulseless cardiac arrest – a report from the American Heart Association Get With The Guidelines(®)—Resuscitation. *Resuscitation* 2015;89:106–13.

74. de Mos N, van Litsenburg RR, McCrindle B, Bohn DJ, Parshuram CS. Pediatric in-intensive-care-unit cardiac arrest: incidence, survival, and predictive factors. *Crit Care Med* 2006;34(4):1209–15.
75. Srinivasan V, Morris MC, Helfaer MA, Berg RA, Nadkarni VM. Calcium use during in-hospital pediatric cardiopulmonary resuscitation: a report from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Pediatrics* 2008;121(5):e1144–51.
76. Meert KL, Donaldson A, Nadkarni V, et al. Multicenter cohort study of in-hospital pediatric cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2009;10(5):544–53.
77. Martin TJ, Kang Y, Robertson KM, Virji MA, Marquez JM. Ionization and hemodynamic effects of calcium chloride and calcium gluconate in the absence of hepatic function. *Anesthesiology* 1990;73(1):62–5.
78. Broner CW, Stidham GL, Westenkirchner DF, Watson DC. A prospective, randomized, double-blind comparison of calcium chloride and calcium gluconate therapies for hypocalcemia in critically ill children. *J Pediatr* 1990;117(6):986–9.
79. Allegra J, Lavery R, Cody R, et al. Magnesium sulfate in the treatment of refractory ventricular fibrillation in the prehospital setting. *Resuscitation* 2001;49(3):245–9.
80. Hassan TB, Jagger C, Barnett DB. A randomised trial to investigate the efficacy of magnesium sulphate for refractory ventricular fibrillation. *Emerg Med J* 2002;19(1):57–62.
81. Thel MC, Armstrong AL, McNulty SE, Califf RM, O'Connor CM. Randomised trial of magnesium in in-hospital cardiac arrest. *Duke Internal Medicine Housestaff. Lancet* 1997;350(9087):1272–6.
82. Rodriguez-Nunez A, Lopez-Herce J, Garcia C, Dominguez P, Carrillo A, Bellon JM. Pediatric defibrillation after cardiac arrest: initial response and outcome. *Crit Care* 2006;10(4):R113.
83. Berg RA, Chapman FW, Berg MD, et al. Attenuated adult biphasic shocks compared with weight-based monophasic shocks in a swine model of prolonged pediatric ventricular fibrillation.

Resuscitation 2004;61(2):189–97.

84. Rodriguez–Nunez A, Lopez–Herce J, del Castillo J, Bellon JM. Shockable rhythms and defibrillation during in–hospital pediatric cardiac arrest. Resuscitation 2014;85(3):387–91.

85. Gutgesell HP, Tacker WA, Geddes LA, Davis S, Lie JT, McNamara DG. Energy dose for ventricular defibrillation of children. Pediatrics 1976;58(6):898–901.

86. Meaney PA, Nadkarni VM, Atkins DL, et al. Effect of defibrillation energy dose during in–hospital pediatric cardiac arrest. Pediatrics 2011;127(1):e16–23.

87. Torres–Andres F, Fink EL, Bell MJ, Sharma MS, Yablonsky EJ, Sanchez–de–Toledo J. Survival and Long–Term Functional Outcomes for Children With Cardiac Arrest Treated With Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation. Pediatr Crit Care Med 2018;19(5):451–8.

88. Pozzi M, Armoiry X, Achana F, et al. Extracorporeal Life Support for Refractory Cardiac Arrest: A 10–Year Comparative Analysis. Ann Thorac Surg 2019;107(3):809–16.

89. Park JH, Song KJ, Shin SD, Ro YS, Hong KJ. Time from arrest to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation and survival after out–of–hospital cardiac arrest. Emerg Med Australas 2019;31(6):1073–81.

90. Meert KL, Guerguerian AM, Barbaro R, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation: One–Year Survival and Neurobehavioral Outcome Among Infants and Children With In–Hospital Cardiac Arrest. Crit Care Med 2019;47(3):393–402.

91. Lasa JJ, Rogers RS, Localio R, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (E–CPR) During Pediatric In–Hospital Cardiopulmonary Arrest Is Associated With Improved Survival to Discharge: A Report from the American Heart Association's Get With The Guidelines–Resuscitation (GWTG–R) Registry. Circulation 2016;133(2):165–76.

92. Kramer P, Mommsen A, Miera O, Photiadis J, Berger F, Schmitt KRL. Survival and Mid–Term Neurologic Outcome After Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Children. Pediatr Crit Care Med 2020;21(6):e316–e24.

93. Holmberg MJ, Geri G, Wiberg S, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation* 2018;131:91–100.
94. Shin HJ, Song S, Park HK, Park YH. Results of Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Children. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;49(3):151–6.
95. Shakoor A, Pedroso FE, Jacobs SE, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (ECPR) in Infants and Children: A Single–Center Retrospective Study. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2019;10(5):582–9.
96. Conrad SA, Rycus PT. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiac arrest. *Ann Card Anaesth* 2017;20(Suppl):S4–S10.
97. Bembea MM, Ng DK, Rizkalla N, et al. Outcomes After Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation of Pediatric In–Hospital Cardiac Arrest: A Report From the Get With the Guidelines–Resuscitation and the Extracorporeal Life Support Organization Registries. *Crit Care Med* 2019;47(4):e278–e85.
98. Tan BK. Extracorporeal membrane oxygenation in cardiac arrest. *Singapore Med J* 2017;58(7):446–8.
99. Manga A, Thiagarajan R, Stenquist N, Logvinenko T, Kleinman M. Low survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in noncardiac patients. *Crit Care Med* 2016;44(12):150.
100. Poterucha J, Guru P, Haile D, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in children following in–hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 2016;44(12):115.
101. Lowry AW, Morales DL, Graves DE, et al. Characterization of extracorporeal membrane oxygenation for pediatric cardiac arrest in the United States: analysis of the kids' inpatient database. *Pediatr Cardiol* 2013;34(6):1422–30.
102. Ortmann L, Prodhan P, Gossett J, et al. Outcomes after in–hospital cardiac arrest in children with cardiac disease: a report from Get With the Guidelines–Resuscitation. *Circulation* 2011;124(21):2329–37.

103. Odegard KC, Bergersen L, Thiagarajan R, et al. The frequency of cardiac arrests in patients with congenital heart disease undergoing cardiac catheterization. *Anesth Analg* 2014;118(1):175–82.
104. Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, et al. American College of Critical Care Medicine Clinical Practice Parameters for Hemodynamic Support of Pediatric and Neonatal Septic Shock. *Crit Care Med* 2017;45(6):1061–93.
105. de Caen AR, Maconochie IK, Aickin R, et al. Part 6: Pediatric Basic Life Support and Pediatric Advanced Life Support: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations (Reprint). *Pediatrics* 2015;136(Suppl 2):S88–119.
106. Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, et al. Executive Summary: Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Septic Shock and Sepsis–Associated Organ Dysfunction in Children. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21(2):186–95.
107. van Paridon BM, Sheppard C, G GG, Joffe AR, Alberta Sepsis N. Timing of antibiotics, volume, and vasoactive infusions in children with sepsis admitted to intensive care. *Crit Care* 2015;19:293.
108. Levin M, Cunnington AJ, Wilson C, et al. Effects of saline or albumin fluid bolus in resuscitation: evidence from re–analysis of the FEAST trial. *Lancet Respir Med* 2019;7(7):581–93.
109. Inwald DP, Canter R, Woolfall K, et al. Restricted fluid bolus volume in early septic shock: results of the Fluids in Shock pilot trial. *Arch Dis Child* 2019;104(5):426–31.
110. Sankar J, Ismail J, Sankar MJ, C PS, Meena RS. Fluid Bolus Over 15–20 Versus 5–10 Minutes Each in the First Hour of Resuscitation in Children With Septic Shock: A Randomized Controlled Trial. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18(10):e435–e45.
111. Long E, O'Brien A, Duke T, Oakley E, Babl FE, Pediatric Research in Emergency Departments International C. Effect of Fluid Bolus Therapy on Extravascular Lung Water Measured by Lung Ultrasound in Children With a Presumptive Clinical Diagnosis of Sepsis. *J Ultrasound Med* 2019;38(6):1537–44.

112. Long E, Babl FE, Oakley E, Sheridan B, Duke T, Pediatric Research in Emergency Departments International C. Cardiac Index Changes With Fluid Bolus Therapy in Children With Sepsis—An Observational Study. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19(6):513–8.
113. Gelbart B, Glassford NJ, Bellomo R. Fluid bolus therapy—based resuscitation for severe sepsis in hospitalized children: A systematic review. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16(8):e297–e307.
114. Li D, Li X, Cui W, Shen H, Zhu H, Xia Y. Liberal versus conservative fluid therapy in adults and children with sepsis or septic shock. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;12:CD010593.
115. Medeiros DN, Ferranti JF, Delgado AF, de Carvalho WB. Colloids for the Initial Management of Severe Sepsis and Septic Shock in Pediatric Patients: A Systematic Review. *Pediatr Emerg Care* 2015;31(11):e11–6.
116. Balamuth F, Kittick M, McBride P, et al. Pragmatic Pediatric Trial of Balanced Versus Normal Saline Fluid in Sepsis: The PROmPT BOLUS Randomized Controlled Trial Pilot Feasibility Study. *Acad Emerg Med* 2019;26(12):1346–56.
117. Weiss SL, Keele L, Balamuth F, et al. Crystalloid Fluid Choice and Clinical Outcomes in Pediatric Sepsis: A Matched Retrospective Cohort Study. *J Pediatr* 2017;182:304–10.e10.
118. Emrath ET, Fortenberry JD, Travers C, McCracken CE, Hebbar KB. Resuscitation With Balanced Fluids Is Associated With Improved Survival in Pediatric Severe Sepsis. *Crit Care Med* 2017;45(7):1177–83.
119. Magoteaux SR, Notrica DM, Langlais CS, et al. Hypotension and the need for transfusion in pediatric blunt spleen and liver injury: An ATOMAC+ prospective study. *J Pediatr Surg* 2017;52(6):979–83.
120. Polites SF, Nygaard RM, Reddy PN, et al. Multicenter study of crystalloid boluses and transfusion in pediatric trauma—When to go to blood? *J Trauma Acute Care Surg* 2018;85(1):108–12.
121. Elkbuli A, Zajd S, Ehrhardt JD, Jr., McKenney M, Boneva D. Aggressive Crystalloid Resuscitation Outcomes in Low–Severity Pediatric Trauma. *J Surg Res* 2020;247:350–5.

122. Schauer SG, April MD, Becker TE, Cap AP, Borgman MA. High crystalloid volumes negate benefit of hemostatic resuscitation in pediatric wartime trauma casualties. *J Trauma Acute Care Surg* 2020;89(2S Suppl 2):S185–S91.
123. Edwards MJ, Lustik MB, Clark ME, Creamer KM, Tuggle D. The effects of balanced blood component resuscitation and crystalloid administration in pediatric trauma patients requiring transfusion in Afghanistan and Iraq 2002 to 2012. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;78(2):330–5.
124. Zhu H, Chen B, Guo C. Aggressive crystalloid adversely affects outcomes in a pediatric trauma population. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2021;47(1):85–92.
125. Nadler R, Mozer–Glassberg Y, Gaines B, Glassberg E, Chen J. The Israel Defense Forces experience with freeze–dried plasma for the resuscitation of traumatized pediatric patients. *J Trauma Acute Care Surg* 2019;87(6):1315–20.
126. Cannon JW, Khan MA, Raja AS, et al. Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 2017;82(3):605–17.
127. Kanani AN, Hartshorn S. NICE clinical guideline NG39: Major trauma: assessment and initial management. *Arch Dis Child Educ Pract Ed* 2017;102(1):20–3.
128. Brinck T, Handolin L, Lefering R. The Effect of Evolving Fluid Resuscitation on the Outcome of Severely Injured Patients: An 8–year Experience at a Tertiary Trauma Center. *Scand J Surg* 2016;105(2):109–16.
129. Tran A, Yates J, Lau A, Lampron J, Matar M. Permissive hypotension versus conventional resuscitation strategies in adult trauma patients with hemorrhagic shock: A systematic review and meta–analysis of randomized controlled trials. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;84(5):802–8.
130. Albreiki M, Voegeli D. Permissive hypotensive resuscitation in adult patients with traumatic haemorrhagic shock: a systematic review. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2018;44(2):191–202.
131. collaborators C–t. Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events

and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet* 2019;394(10210):1713–23.

132. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, et al. Part 14: pediatric advanced life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122(18 Suppl 3):S876–908.

133. Matthews IL, Bjornstad PG, Kaldestad RH, Heiberg L, Thaulow E, Gronn M. The impact of shunt size on lung function in infants with univentricular heart physiology. *Pediatr Crit Care Med* 2009;10(1):60–5.

134. Hoffman GM, Tweddell JS, Ghanayem NS, et al. Alteration of the critical arteriovenous oxygen saturation relationship by sustained afterload reduction after the Norwood procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;127(3):738–45.

135. Tajik M, Cardarelli MG. Extracorporeal membrane oxygenation after cardiac arrest in children: what do we know? *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33(3):409–17.

136. Raymond TT, Cunyningham CB, Thompson MT, Thomas JA, Dalton HJ, Nadkarni VM. Outcomes among neonates, infants, and children after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory inhospital pediatric cardiac arrest: a report from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Pediatr Crit Care Med* 2010;11(3):362–71.

137. Galie N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J* 2016;37(1):67–119.

138. Yin N, Kaestle S, Yin J, et al. Inhaled nitric oxide versus aerosolized iloprost for the treatment of pulmonary hypertension with left heart disease. *Crit Care Med* 2009;37(3):980–6.

139. Kirbas A, Yalcin Y, Tanrikulu N, Gurer O, Isik O. Comparison of inhaled nitric oxide and

aerosolized iloprost in pulmonary hypertension in children with congenital heart surgery. *Cardiol J* 2012;19(4):387–94.

140. Marino BS, Tabbutt S, MacLaren G, et al. Cardiopulmonary resuscitation in infants and children with cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2018;137(22):e691–e782.

141. Casadonte JR, Mazwi ML, Gambetta KE, et al. Risk factors for cardiac arrest or mechanical circulatory support in children with fulminant myocarditis. *Pediatr Cardiol* 2017;38(1):128–34.

142. Conrad SJ, Bridges BC, Kalra Y, Pietsch JB, Smith AH. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation among patients with structurally normal hearts. *ASAIO J* 2017;63(6):781–6.

143. Wu H–P, Lin M–J, Yang W–C, Wu K–H, Chen C–Y. Predictors of extracorporeal membrane oxygenation support for children with acute myocarditis. *Biomed Res Int* 2017;2017:2510695.

144. Pokorna M, Necas E, Kratochvil J, Skripsky R, Andrlik M, Franek O. A sudden increase in partial pressure end–tidal carbon dioxide (P(ET)CO₂) at the moment of return of spontaneous circulation. *J Emerg Med* 2010;38(5):614–21.

145. Berg RA, Reeder RW, Meert KL, et al. End–tidal carbon dioxide during pediatric in–hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2018;133:173–9.

146. Yoon SH, Lee EJ, Lee J, Kim MK, Ahn JG. Prognostic value of the delta neutrophil index in pediatric cardiac arrest. *Sci Rep* 2020;10(1):3497.

147. Muhlhofer W, Szaflarski JP. Prognostic Value of EEG in Patients after Cardiac Arrest–An Updated Review. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2018;18(4):16.

148. Yacoub M, Birchansky B, Mlynash M, et al. The prognostic value of quantitative diffusion–weighted MRI after pediatric cardiopulmonary arrest. *Resuscitation* 2019;135:103–9.

149. Buick JE, Wallner C, Aickin R, et al. Paediatric targeted temperature management post cardiac arrest: A systematic review and meta–analysis. *Resuscitation* 2019;139:65–75.

150. Lin JJ, Lin CY, Hsia SH, et al. 72–h therapeutic hypothermia improves neurological outcomes

in paediatric asphyxial out-of-hospital cardiac arrest—An exploratory investigation. *Resuscitation* 2018;133:180–6.

151. Doherty DR, Parshuram CS, Gaboury I, et al. Hypothermia therapy after pediatric cardiac arrest. *Circulation* 2009;119(11):1492–500.

152. Kessler SK, Topjian AA, Gutierrez-Colina AM, et al. Short-term outcome prediction by electroencephalographic features in children treated with therapeutic hypothermia after cardiac arrest. *Neurocrit Care* 2011;14(1):37–43.

153. Bennett KS, Clark AE, Meert KL, et al. Early oxygenation and ventilation measurements after pediatric cardiac arrest: lack of association with outcome. *Crit Care Med* 2013;41(6):1534–42.

154. Holmberg MJ, Nicholson T, Nolan JP, et al. Oxygenation and ventilation targets after cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;152:107–15.

155. Del Castillo J, Lopez-Herce J, Matamoros M, et al. Hyperoxia, hypocapnia and hypercapnia as outcome factors after cardiac arrest in children. *Resuscitation* 2012;83(12):1456–61.

156. van Zelle L, de Jonge R, van Rosmalen J, Reiss I, Tibboel D, Buysse C. High cumulative oxygen levels are associated with improved survival of children treated with mild therapeutic hypothermia after cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;90:150–7.

157. Topjian AA, French B, Sutton RM, et al. Early postresuscitation hypotension is associated with increased mortality following pediatric cardiac arrest. *Crit Care Med* 2014;42(6):1518–23.

158. Lin YR, Li CJ, Wu TK, et al. Post-resuscitative clinical features in the first hour after achieving sustained ROSC predict the duration of survival in children with non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2010;81(4):410–7.

159. Lin YR, Wu HP, Chen WL, et al. Predictors of survival and neurologic outcomes in children with traumatic out-of-hospital cardiac arrest during the early postresuscitative period. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75(3):439–47.

160. Young MN, Hollenbeck RD, Pollock JS, et al. Higher achieved mean arterial pressure during

therapeutic hypothermia is not associated with neurologically intact survival following cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;88:158–64.

161. Zaritsky A, Chernow B. Use of catecholamines in pediatrics. *J Pediatr* 1984;105(3):341–50.

162. Bellomo R, Chapman M, Finfer S, Hickling K, Myburgh J. Low-dose dopamine in patients with early renal dysfunction: a placebo-controlled randomised trial. Australian and New Zealand Intensive Care Society (ANZICS) Clinical Trials Group. *Lancet* 2000;356(9248):2139–43.

163. Ushay HM, Notterman DA. Pharmacology of pediatric resuscitation. *Pediatr Clin North Am* 1997;44(1):207–33.

164. Ruffolo RR, Jr., Spradlin TA, Pollock GD, Waddell JE, Murphy PJ. Alpha and beta adrenergic effects of the stereoisomers of dobutamine. *J Pharmacol Exp Ther* 1981;219(2):447–52.

165. Barton P, Garcia J, Kouatli A, et al. Hemodynamic effects of i.v. milrinone lactate in pediatric patients with septic shock. A prospective, double-blinded, randomized, placebo-controlled, interventional study. *Chest* 1996;109(5):1302–12.

166. Herman ST, Abend NS, Bleck TP, et al. Consensus statement on continuous EEG in critically ill adults and children, part I: indications. *J Clin Neurophysiol* 2015;32(2):87–95.

167. Abend NS, Topjian A, Ichord R, et al. Electroencephalographic monitoring during hypothermia after pediatric cardiac arrest. *Neurology* 2009;72(22):1931–40.

168. Topjian AA, Gutierrez-Colina AM, Sanchez SM, et al. Electrographic status epilepticus is associated with mortality and worse short-term outcome in critically ill children. *Crit Care Med* 2013;41(1):215–23.

169. Ostendorf AP, Hartman ME, Friess SH. Early Electroencephalographic Findings Correlate With Neurologic Outcome in Children Following Cardiac Arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17(7):667–76.

170. Brophy GM, Bell R, Claassen J, et al. Guidelines for the evaluation and management of status epilepticus. *Neurocrit Care* 2012;17(1):3–23.

171. Topjian AA, Sanchez SM, Shults J, Berg RA, Dlugos DJ, Abend NS. Early

Electroencephalographic Background Features Predict Outcomes in Children Resuscitated From Cardiac Arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17(6):547–57.

172. Bongiovanni F, Romagnosi F, Barbella G, et al. Standardized EEG analysis to reduce the uncertainty of outcome prognostication after cardiac arrest. *Intensive Care Med* 2020;46(5):963–72.

173. Spalletti M, Carrai R, Scarpino M, et al. Single electroencephalographic patterns as specific and time-dependent indicators of good and poor outcome after cardiac arrest. *Clin Neurophysiol* 2016;127(7):2610–7.

174. Ducharme-Crevier L, Press CA, Kurz JE, Mills MG, Goldstein JL, Wainwright MS. Early Presence of Sleep Spindles on Electroencephalography Is Associated With Good Outcome After Pediatric Cardiac Arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18(5):452–60.

175. Ichord R, Silverstein FS, Slomine BS, et al. Neurologic outcomes in pediatric cardiac arrest survivors enrolled in the THAPCA trials. *Neurology* 2018;91(2):e123–e31.

176. Kramer P, Miera O, Berger F, Schmitt K. Prognostic value of serum biomarkers of cerebral injury in classifying neurological outcome after paediatric resuscitation. *Resuscitation* 2018;122:113–20.

177. Topjian AA, Telford R, Holubkov R, et al. Association of Early Postresuscitation Hypotension With Survival to Discharge After Targeted Temperature Management for Pediatric Out-of-Hospital Cardiac Arrest: Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr* 2018;172(2):143–53.

178. Lin JJ, Lin YJ, Hsia SH, et al. Early Clinical Predictors of Neurological Outcome in Children With Asphyxial Out-of-Hospital Cardiac Arrest Treated With Therapeutic Hypothermia. *Front Pediatr* 2019;7:534.

179. Gold KJ, Gorenflo DW, Schwenk TL, Bratton SL. Physician experience with family presence during cardiopulmonary resuscitation in children. *Pediatr Crit Care Med* 2006;7(5):428–33.

180. Halm MA. Family presence during resuscitation: a critical review of the literature. *Am J Crit*

Care 2005;14(6):494–511.

181. Tinsley C, Hill JB, Shah J, et al. Experience of families during cardiopulmonary resuscitation in a pediatric intensive care unit. *Pediatrics* 2008;122(4):e799–804.
182. Engel KG, Barnosky AR, Berry–Bovia M, Desmond JS, Ubel PA. Provider experience and attitudes toward family presence during resuscitation procedures. *J Palliat Med* 2007;10(5):1007–9.
183. Eckart RE, Scoville SL, Campbell CL, et al. Sudden death in young adults: a 25–year review of autopsies in military recruits. *Ann Intern Med* 2004;141(11):829–34.
184. Albert CM, Nam EG, Rimm EB, et al. Cardiac sodium channel gene variants and sudden cardiac death in women. *Circulation* 2008;117(1):16–23.
185. Torkamani A, Muse ED, Spencer EG, et al. Molecular Autopsy for Sudden Unexpected Death. *JAMA* 2016;316(14):1492–4.
186. Chugh SS, Senashova O, Watts A, et al. Postmortem molecular screening in unexplained sudden death. *J Am Coll Cardiol* 2004;43(9):1625–9.
187. Holmberg MJ, Wiberg S, Ross CE, et al. Trends in Survival After Pediatric In–Hospital Cardiac Arrest in the United States. *Circulation* 2019;140(17):1398–408.
188. Foronda C, VanGraafeiland B, Quon R, Davidson P. Handover and transport of critically ill children: An integrative review. *Int J Nurs Stud* 2016;62:207–25.
189. Reis AG, Nadkarni V, Perondi MB, Grisi S, Berg RA. A prospective investigation into the epidemiology of in–hospital pediatric cardiopulmonary resuscitation using the international Utstein reporting style. *Pediatrics* 2002;109(2):200–9.
190. Lopez–Herce J, Garcia C, Dominguez P, et al. Characteristics and outcome of cardiorespiratory arrest in children. *Resuscitation* 2004;63(3):311–20.

제 1장

신생아 소생술

허주선^{1*}, 김수영^{2*}, 박혜원^{3*}, 최용성⁴, 박찬욱⁵, 조금준⁶, 오아영⁷, 장은경⁸, 김한석⁹, 김애란¹⁰, 차경철¹¹, 정성필¹², 김영민¹³, 박준동¹⁴, 이미진¹⁵, 나상훈¹⁶, 조규종¹⁷, 황성오¹¹, 2020년 심폐소생술 가이드라인 신생아소생술 위원회

고려대학교 의과대학 소아과학교실¹, 중앙대학교 의과대학 소아과학교실², 건국대학교 의과대학 소아과학교실³, 경희대학교 의과대학 소아과학교실⁴, 서울대학교 의과대학 산부인과학교실⁵, 고려대학교 의과대학 산부인과학교실⁶, 서울대학교 의과대학 마취통증의학교실⁷, 연세대학교 세브란스병원 환자안전팀⁸, 서울대학교 의과대학 소아과학교실⁹, 울산대학교 의과대학 소아과학교실¹⁰, 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹¹, 연세대학교 의과대학 응급의학교실¹², 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실¹³, 서울대학교 의과대학 소아과학교실¹⁴, 경북대학교 의과대학 응급의학교실¹⁵, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁶, 한림대학교 의과대학 응급의학교실¹⁷

I.

2020년 신생아 소생술 가이드라인 주요 변경 사항과 신생아 소생술 순서

출생 시 자궁 내 환경에서 자궁 외 환경으로 전이되는 신생아에게는, 태반을 통한 가스교환에서 폐를 통한 가스교환으로 성공적으로 적응하기 위해 중요한 상호 의존적인 생리적 과정이 필요하다.¹ 폐로 숨을 들이마시면서 폐혈관 저항이 급격히 감소하고, 폐 혈류량의 증가로 좌심실 충만 및 심박출량이 증가하면서 관상동맥 및 뇌 혈류가 유지된다.²

만삭으로 출생한 신생아의 대부분(약 85%)은 생후 10~30초 이내에 자발적으로 호흡을 시작하는데 반해, 만삭아의 10% 정도는 호흡을 시작할 때에 포로 닳으면서 자극을 주어야 한다.^{3,4} 또한 약 5%는 양압환기가, 2%는 기관내삽관이, 0.1%는 가슴압박이, 그리고 0.05%는 가슴압박과 에피네프린이 필요하다.⁵⁻⁸ 대부분 신생아는 도움 없이 성공적인 전이 과정을 거치지만, 여전히 전 세계적으로 많은 출생 과정에서 적절한 소생술을 적용함으로써 합병증을 예방하고 수백만 명의 신생아를 살릴 수 있다.

2020년 신생아 소생술 가이드라인은 신생아 소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며,⁹⁻¹¹ 신생아 소생술 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다. 임상적 중요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 이용하였다.

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐

구분되었다(표 2 참조).¹² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).^{12,13} 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험보다 매우 큰 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만, 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III(harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 신생아 소생술 가이드라인 주요 변경 사항

1) 신생아 소생술 적용 대상

기본적으로 신생아 소생술은 ‘갓 태어난’ 신생아(newly born infants)를 대상으로 한다. 다만 이행기 이후 출생 수주 내 가스교환 장애로 인해 발생하는 심혈관계 부전의 경우 신생아 소생술을 적용할 수 있다.

2) 제대 관리

임신 나이 28주 미만의 미숙아에서 제대 용출(cord milking)이 뇌실 내 출혈 빈도를 높인다는 대규모 다기관 무작위배정 연구결과에 따라 임신 나이 28주 미만의 초미숙아에서는 제대 용출을 시행하지 않도록 권고한다(권고 등급 III: no benefit, 근거 수준 B-R).

3) 태변이 착색된 양수에서 분만한 ‘활발하지 않은’ 신생아

2015년 지침 변경 이후 진행된 연구들을 통해 즉각적인 후두경 삽입 및 기도 내 태변 흡입이 이득이 없다는 근거가 추가되었다. 이에 따라 즉각적인 후두경 삽입 및 기도 내 태변 흡입을 시행하지 않고 바로 양압환기를 적용해 호흡이 빨리 회복되도록 돕는 것이 더욱 강조된다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

4) 지속적 팽창압(Sustained inflation)

임신 나이 28주 미만의 미숙아 그룹을 대상으로 한 연구에서 1초 이상의 지속적 팽창압과 함께 양압 환기 요법을 시행하는 것이 퇴원 전 사망에 있어 잠재적인 위해성을 높이는 결과를 보여 출생 당시 서

맥이나 부적절한 호흡으로 양압환기를 받는 미숙아에게 초기 호흡의 지속적 팽창압을 사용하지 않아야 한다(권고 등급 III: harm, 근거 수준 C-LD).

5) 초기 호흡 보조 시 산소 투여

임신 나이 35주 미만의 미숙아에게 지속성 기도 양압(continuous positive airway pressure), 양압환기를 포함한 초기 호흡 보조를 할 때 고농도 산소(60-100%)로 시작하는 것보다 저농도 산소(21~30%)로 시작하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 미숙아에게 권고되는 정확한 산소 농도를 맞추기 위해서는 산소 블렌더를 사용해야 하나, 장비가 갖춰지지 않은 상황에서는 산소 저장소(reservoir)가 부착된 자가 팽창 백(self-inflating bag)으로 유량을 조절하여 산소농도를 조절해 볼 수 있다.

만삭아와 임신 나이 35주 이상의 후기 미숙아에게는 초기 호흡 보조 시 21%의 산소로 소생술을 시작할 것을 제안하며(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD), 100% 산소로 시작하지 않도록 한다(권고 등급 III: harm, 근거 수준 C-LD).

6) 소생술의 중단 논의 시기

심폐소생술이 필요한 갓 태어난 신생아에게 모든 단계의 심폐소생술을 제공하고, 가역적인 원인을 배제한 후에도 자발순환회복이 되지 않고 지속적으로 심폐소생술이 필요한 경우에는 출생 후 10~20분 정도에 소생술 팀원 및 가족과 심폐소생술 중단에 대한 논의를 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

3. 신생아 소생술 순서 요약

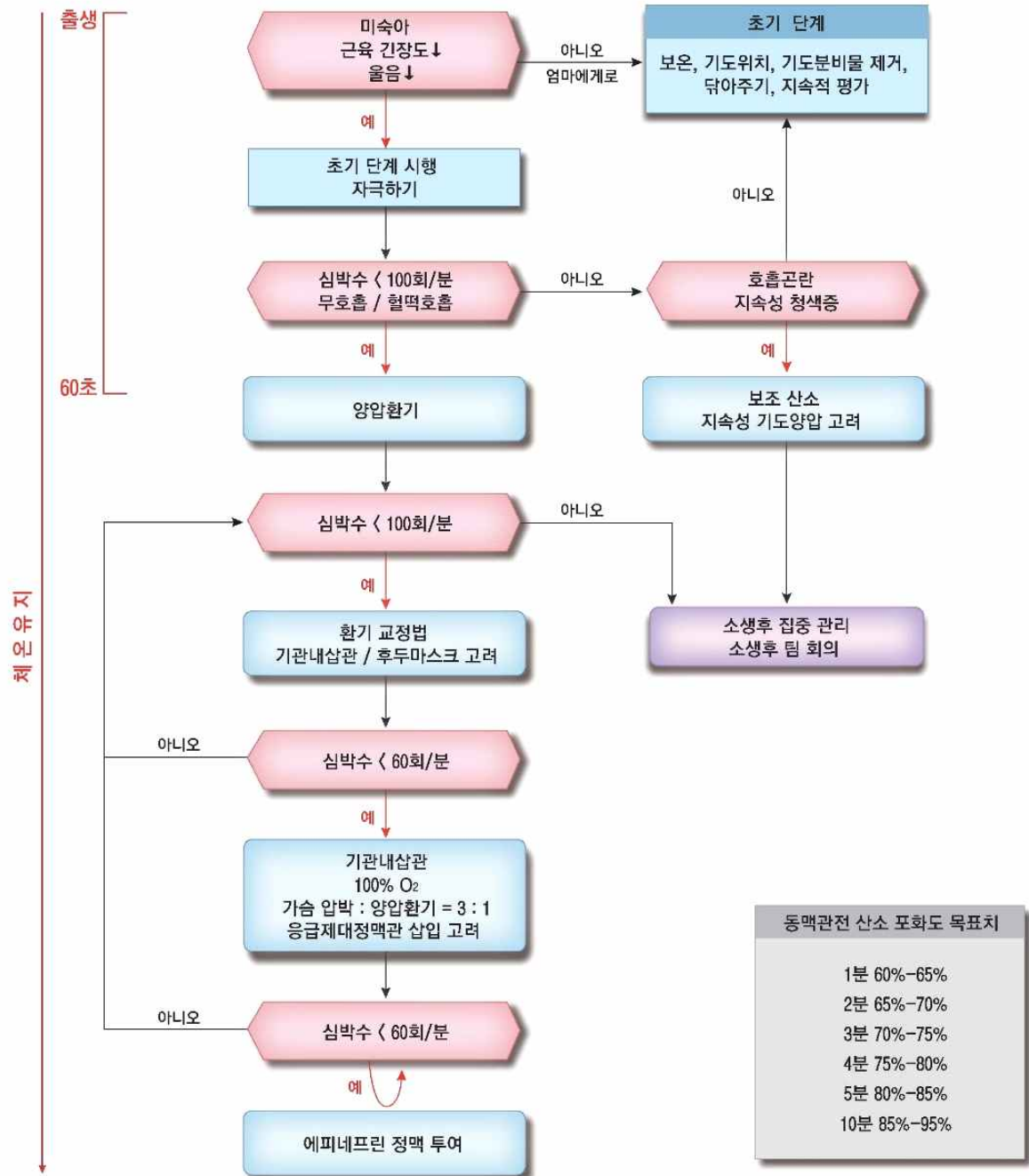


그림 51. 신생아 소생술 순서

1) 신생아 소생술 개요

(1) 출생 직후 호흡이 안정적이며 잘 울어 소생술이 필요하지 않은 만삭아 또는 미숙아의 경우, 제대 결찰(cord clamping)을 30초 이상 지연하여 시행할 수 있다(그림 51). 그러나 호흡이 불안정하고 울지 않는 신생아의 경우는 제대 결찰의 지연으로 인해 호흡보조가 지연될 위험이 있어서 일률적인 제대 결찰 지연을 적용하지 않는다.

(2) 소생술 필요 여부를 구별하기 위한 3가지 질문

① 미숙아인가? ② 근육 긴장도가 떨어지는가? ③ 잘 울지 못하거나 숨을 잘 못 쉬는가?

만삭 아이고 근육 긴장도가 양호하며 잘 우는 신생아는 엄마에게로 옮겨 피부접촉을 유지한 채로 초기 단계를 진행하되 호흡, 활동성, 피부색 등을 지속적으로 관찰해야 한다. 하지만 위의 3가지 질문 중 하나라도 “예”에 해당하면 소생술 단계를 시행하기 위해 복사 온열기(radiant warmer)로 옮긴다.

(3) 초기 단계(Initial step)

보온 및 체온 유지, 기도 위치, 필요시 기도 분비물 제거, 닦아주기, 자극하기(tactile stimulation)가 이에 해당한다.

(4) 호흡 및 심장박동수 평가

① 심장박동수가 분당 100회 이상이지만 호흡곤란 혹은 지속성 청색증을 동반하는 경우에는 맥박 산소측정기로 산소포화도를 감시한다. 필요하다면 산소를 공급하며 지속성 기도 양압을 고려한다.

② 심장박동수가 분당 100회 미만이거나 무호흡 혹은 헐떡호흡을 보일 때는 산소포화도 감시와 함께 심전도 모니터링을 고려하고 바로 양압환기를 적용한다. 출생 직후 약 60초 동안(“the Golden

Minute”)에 초기 단계, 재평가, 필요에 따라 호흡 보조 개시 등이 이루어지도록 하며 부적절하게 호흡 보조의 단계가 지연되지 않도록 하는 것이 매우 중요하다.

(5) 양압환기 시 흉곽 움직임이 관찰되지 않거나 심장박동수가 지속적으로 분당 100회 미만이면 환기 방법을 교정하여 점검한다. 필요하면 기관내삽관 혹은 후두 마스크의 삽입을 고려한다.

(6) 적절한 양압환기를 30초 이상 적용했음에도 심장박동수가 분당 60회 미만인 경우, 기관내삽관이 아직 되어있지 않다면 기관내삽관을 시행한다. 3:1 비율로 가슴압박과 양압환기를 시행한다. 낮은 농도의 흡입 산소공급에 반응이 없다면, 산소농도를 100%까지 높일 수 있다. 추가적인 약물, 혈장 확장 수액(volume expander)의 투여를 위한 응급 제대정맥관의 삽입을 고려한다.

(7) 적절한 양압환기와 가슴압박을 60초 이상 적용했음에도 불구하고 심장박동수가 지속적으로 분당 60회 미만일 때 에피네프린을 정맥주사로 투여한다. 만약 반응이 없으면, 저혈량, 기흉 등 다른 원인을 고려한다. 위의 소생술에 반응이 없는 상태에서 실혈이 있거나 혹은 그러한 상황이 의심될 경우 혈장 확장 수액을 투여한다.

2) 신생아 소생술 적용 대상

신생아 소생술은 자궁 내 환경에서 자궁 외 환경으로 적응하는 과정에 있는 ‘갓 태어난’ 신생아에게 적용한다. 다만 이행기 이후라도 출생 후 수주 내에는 심혈관계 부전의 일차 원인이 가스교환 장애로 인한 경우에는 신생아 소생술을 적용할 수 있다. 하지만, 심장 자체가 일차 원인으로 판단되는 경우에는 더 높은 비율의 가슴압박 대 환기(예, 15:2)의 적용을 고려해 볼 수 있다.¹⁴

3) 소생술 필요 여부의 예측

신생아에 대한 소생술을 위해서는, 주산기 위험 인자 평가, 위험도에 따라 적절한 의료인력이 동원될 수 있는 시스템, 즉각 사용 가능한 의료 기구와 물품, 효과적인 팀워크와 능숙한 의료 술기가 요구된다. 또한 출생 직후 신생아 처치와 신생아 소생술의 초기 단계 및 양압환기의 수행이 가능한 1명 이상의 의료진이 필요하다. 소생술이 필요할 수 있는 심각한 주산기 위험 인자를 가진 신생아를 치료할 때는 가슴압박, 기관내삽관, 응급제대정맥관 삽입을 할 수 있는 추가 인력이 필요하다.^{15,16} 주산기 위험인자가 없는 신생아에게도 예기치 않은 소생술이 필요할 수 있으므로, 각 병원에서는 언제든지 분만 시 신생아 소생술에 필요한 인력이 있어야 한다. 신생아 소생술을 시행함에 있어 물품이 제대로 준비되어 있지 않거나 혹은 기능을 제대로 하지 않는 경우 효과적인 소생술이 이루어질 수 없으므로, 표준화된 체크리스트를 만들어 활용하는 것이 권장된다. 미숙아분만 등 주산기 위험인자를 가진 분만인 경우에는 체온 유지와 호흡 보조를 위한 기구들이 필요하다.

주산기 위험인자가 있는 분만 상황이면 소생술을 위한 팀을 만들고 팀 리더를 정해야 한다. 만약 시간 여유가 있다면, 소생술 전 브리핑을 시행하고, 신생아에게 필요한 기술을 예측하여 팀원의 역할을 분담하여야 한다.^{17,18} 소생술이 시행되는 동안에는 팀원 간 의사 전달과 협력이 효과적으로 이루어져야 효과적인 소생술과 신생아의 안전이 보장될 수 있다.

4) 제대 관리

소생술이 필요하지 않는 만삭아 또는 후기 미숙아의 경우, 엄마와의 접촉 상태에서 호흡과 활동성을 평가할 때까지 제대 결찰을 지연시키는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 30초 이내의 조기 제대 결찰은 태아 혈액이 신생아의 순환 혈액을 채우지 않고 태반에 남아있게 함으로써 정상적인 이행을 방해할 수 있다. 그에 반해 30초 이상의 제대 결찰의 지연은 출생 후 더 높은 헤마토크

릿 수치, 영아 시기의 더 양호한 철분 수치와 연관된다는 보고가 있다.¹⁹⁻³¹ 소생술이 필요하지 않은 미숙아에게 제대 결찰의 지연은 혈압 보조와 수혈의 필요를 낮추고 생존율을 향상시킬 수 있기 때문에 효과적일 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).³²⁻³⁹ 하지만 출생 시 소생술이 필요한 만삭아나 미숙아에 대해서는 조기 또는 지연 제대 결찰을 추천할 만한 근거가 불충분하다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).¹⁶

산모의 출혈이나 혈액학적 불안정, 태반 조기 박리, 전치태반과 같이 태반 수혈이 일어날 가능성이 있는 경우에는 반드시 조기 제대 결찰을 고려해야 한다.

제대 용출은 지연 제대 결찰의 대안으로 연구되고 있으나, 대규모 다기관 무작위 임상연구에서 임신 나이 28주 미만의 미숙아에게 제대 용출이 뇌실 내 출혈의 빈도를 높인다는 결론을 보고한 바 있다.⁴⁰ 이에 따라 임신 나이 28주 미만의 초미숙아에서는 제대 용출을 시행하지 않아야 한다(권고 등급 III: no benefit, 근거 수준 B-R).

5) 초기 단계

신생아 소생술의 초기 단계는 체온 유지, 기도 확보를 위한 자세 취하기(sniffing position), 기도 내 이물질 흡입, 양수를 마른 포로 닦기(임신 나이 32주 미만 미숙아의 경우는 비닐백으로 감싸기), 호흡을 위한 자극 등을 말한다.

(1) 체온 유지

출생 직후 체온을 유지하는 것은 신생아 안정화의 초기 단계로서, 비-가사 신생아(non-asphyxiated infants)의 입원 당시의 체온은 모든 주수에서 사망을 예측하는 중요한 인자로 알려져 있다.⁴¹ 미숙아의 경우 저체온증에 취약한데, 이러한 저체온증(섭씨 36도 이하)은 뇌실 내 출혈, 호흡부전, 저혈당증, 후

기 패혈증과 같은 심각한 후유증과 연관성이 있다.⁴²⁻⁴⁴ 이런 이유로 입원 시에 체온을 측정하고 기록하여 예후 예측 인자, 질 지표의 자료로 이용하도록 하며(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR),¹ 비-가사 신생아의 경우 입원 시 및 안정 시 체온을 섭씨 36.5~37.5도로 유지하도록 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-EO).⁴⁵

(가) 분만실에서 체온을 유지하는 방법

온열기나 모자와 비닐백을 사용하는 방법은 체온을 유지하는 데에 도움이 되기는 하나 미숙아의 저체온증을 완전히 예방하지는 못한다. 따라서 분만실 환경 온도 올리기(섭씨 23~25도, 임신 나이 28주 미만이면 섭씨 25도 이상),¹⁴ 온열 매트, 가온 가습 된 공기 등이 추가로 이용된다.

임신 나이 32주 이상으로 출생한 신생아는 분만 즉시 포로 닦은 후 미리 가온된 포로 얼굴을 제외한 머리와 몸통을 감싸주고, 만약 심폐소생술이 필요한 경우는 온열기 아래에서 소생술을 시행하며, 심폐소생술이 필요하지 않은 경우는 산모와 피부-피부접촉을 하도록 한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).⁴⁶ 임신 나이 32주 미만의 미숙아 출생 시 분만장에서 온열기 적용, 비닐백 사용과 함께 추가적으로 온열 매트,⁴⁷⁻⁵¹ 인공호흡기 사용 시 가온 가습 된 공기 사용,^{52,53} 환경온도 올리기/모자 씌우기/온열 매트 사용⁵⁴⁻⁵⁷ 등 여러 가지 방법을 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R, B-NR, C-LD).⁵⁸ 모든 연구에서 고체온증에 대한 우려도 있었으나 의미 있는 부작용은 없었다. 체온 유지에 있어 섭씨 38.0도 이상의 고체온증은 연관된 위험성이 있으므로 피하는 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).^{44,59}

병원 밖에서 출생한 경우는 저체온증의 위험이 크기 때문에 분만 즉시 포로 닦은 후 비닐백에 넣어 포로 감싸거나 임신 나이 30주 이상의 신생아는 산모와 피부-피부접촉을 통해 체온을 유지하면서 이동하도록 한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).^{60,61}

(나) 저체온증 신생아의 가온

통상적으로 소생술 후 저체온증을 보이는 신생아를 가온할 때 천천히 체온을 올리는 경우 무호흡, 부정맥 등의 합병증을 감소시킬 수 있다고 알려져 있다. 그러나 현재까지 빠르게 체온을 올리는 방법과(> 0.5 °C/h) 천천히 체온을 올리는(<0.5 °C/h) 방법 중 어느 방법이 효과적인지에 대한 근거는 부족하므로 입원 당시 저체온증을 보이는 신생아에게 두 방법 모두 적용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).^{3,16,17,62,63}

(다) 산모의 저체온증/고체온증이 신생아에 미치는 영향

진통 중 산모의 고체온증은 신생아의 사망률 증가, 경련, 뇌증(encephalopathy)을 포함한 불량한 예후와 관련된다.⁶⁴⁻⁷⁴ 반면, 산모의 저체온증은 신생아에게 임상적으로 의미 있는 불량한 예후와 관련되지 않았다.⁷⁵⁻⁷⁹ 산모의 고체온증이 신생아의 불량한 예후와 관련성을 보이거나 산모의 고체온증을 치료했을 때 신생아의 예후에 영향을 미치는지에 대한 근거는 부족하다.

(라) 제한된 환경에서의 체온 유지

섭씨 36.5도 이하에서는 저체온증의 정도에 따라 사망률이 비례하여 증가하므로 제한적 환경에서의 체온을 유지하는 것은 중요하다.⁸⁰ 만삭아와 비교하면 미숙아의 경우 저체온증의 위험도가 더 높으며, 출생 직후(출생 후 1~2시간 이내) 저체온증을 예방하는 것만으로도 사망률을 줄일 수 있다. 제한된 환경에서 정상 신생아의 출생 후 이행기(생후 1~2시간) 동안 정상 체온을 유지하고 저체온증을 예방하기 위하여 아기를 목 부분까지 비닐백에 넣어 감싸거나 혹은 젖은 몸을 닦은 후 포로 감쌀 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).^{61,81} 다른 방법으로는 피부-피부 접촉을 하면서 수유를 하거나 쾅거루 케어를 할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).⁸²⁻⁸⁹ 하지만 소생술이 시행되는 동안 또는 이후 안정화 시기에 비닐백을 사용하거나 피부-피부 접촉을 하는 것에 대한 연구는 부족한 실정이다.

(2) 기도 청소

(가) 양수가 깨끗할 때

흡입용 망울 주사기(bulb syringe) 또는 흡입 카테터를 사용하여 기도 내 양수를 흡입하는 것이 폐내 액체를 제거하는 데에 도움이 되지 않으며, 흡입으로 감염, 서맥, 무호흡, 저산소증, 동맥혈 산소분압 감소, 고탄산혈증, 뇌혈류 조절 실패, 뇌압증가 및 신생아 뇌 손상과 같은 부작용을 초래할 수 있고,⁹⁰⁻⁹⁹ 자발 호흡이 없는 신생아에게 환기 시작을 지연시킬 수 있다.^{3,100} 따라서 태변이 착색되지 않은 깨끗한 양수에서 태어난 신생아에게 분만 직후 구인두 및 비인두 내의 양수를 일률적으로 흡입하지 않도록 하며(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD),^{9-11,101} 기도 폐쇄가 있거나 양압환기가 필요한 경우에만 흡입을 하도록 한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).³

(나) 태변이 착색된 양수일 때

양수에 태변이 착색되었다는 산전 정보가 있으면, 태아 곤란증과 연관이 있을 수 있고 분만 후 기관내삽관을 포함한 소생술이 필요할 가능성이 있으므로, 기관내삽관을 할 수 있는 훈련된 인력 및 장비가 준비되어 있어야 한다.

태변이 착색된 양수에서 분만한 신생아가 ‘활발함(심장박동수가 분당 100회 이상이고 호흡 노력이 강하며 근육 긴장도가 좋음)’을 보이는 경우, 머리가 분만된 직후 어깨가 분만되기 전 입인두 부위의 일률적 태변 흡입 행위는 더 이상 권장하지 않는다.¹⁰² 이 경우 초기 처치 후 산모와 머물러도 좋으나 필요시 흡입용 망울 주사기 또는 흡입 카테터를 이용하여 입과 코의 태변을 부드럽게 제거한다.

태변이 착색된 양수에서 분만한 ‘활발하지 않은’(심장박동수 분당 100회 미만, 근육 긴장도 저하, 호흡 노력 감소) 신생아의 경우, 소생술 시작 시 일률적인 후두경 삽입 및 기도 내 태변 흡입 없이 즉시 소생술을 시행하는 것으로 2015년도부터 지침이 변경되었다. 그 이후 보고된 4개의 무작위 임상연구와

3개 관찰 연구를 통해 즉각적인 후두경 삽입을 통한 기도 내 태변 흡입이 퇴원 시 생존율을 높이거나 인지 및 운동 발달 이상, 저산소성 허혈성 뇌증, 태변 흡인 증후군, 호흡 보조, 분만장에서의 가슴압박 및 에피네프린 사용, 입원 기간 등을 줄이는 데에 이득이 없음을 확인하였다.¹⁰³⁻¹⁰⁹ 이에 따라 태변이 착색된 양수에서 분만한 ‘활발하지 않은’ 신생아에서 즉각적인 후두경 삽입 및 기도 내 태변 흡입의 효과는 명확하지 않으며, 바로 양압환기를 적용해 호흡이 빨리 회복될 수 있도록 도와주는 것이 필요하다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 다만 드물게 양압환기 도중 태변으로 인한 기도폐쇄가 의심될 때는 기관내삽관을 통한 기도 내 태변 흡입이 필요할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO).

(3) 자극하기

초기 단계에서 자발적인 호흡 노력이 없는 경우에는 추가적인 자극을 주는 것이 필요하다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).¹¹⁰ 자극을 주는 방법으로 미리 데워진 포로 신생아의 등과 몸통, 사지를 짧고 부드럽게 문지르는 방법과 발바닥을 2~3회 정도 가볍게 치는 방법이 있다.¹¹¹⁻¹¹³ 신생아를 흔들거나 과도하게 자극하는 것은 호흡을 시작하는 데에 도움이 되지 않으며 오히려 해가 될 수 있다. 자극 주기를 시행한 이후에도 지속적으로 무호흡을 보일 때는 즉시 양압환기를 시작한다.¹¹¹

6) 생리적 모니터링과 피드백 장비

(1) 심장박동수의 평가

출생 직후 신생아의 심장박동수 평가는 출생 후 자발 호흡의 효율성과 소생술 필요성 여부의 판단에 중요하며, 소생술 과정 중에 심장박동수의 상승은 소생술의 각 과정에 대한 가장 예민한 반응 지표이다. 따라서 빠르고 정확하게 심장박동수를 평가하는 것이 매우 중요하다.

청진을 통한 심장박동수의 평가는 초기 평가에서 선호되는 방법이나 부정확하고 신뢰성이 떨어진 다.^{46,114} 소생술이 필요한 신생아의 지속적인 심장박동수를 평가하기 위해 추가로 사용되는 맥박 산소포 화도 측정기와 심전도를 비교하였을 때, 산소포화도 측정기를 이용하는 경우가 심장박동수 측정에 더 많은 시간이 걸리며, 초기 2분 동안 심장박동수가 저평가되어 불필요한 처치가 이루어질 가능성이 크 다.¹¹⁵⁻¹¹⁷ 반면, 심전도는 가장 빠르고 정확하게 심장박동수를 측정하는 방법이다.¹¹⁸⁻¹²¹ 따라서, 소생술 이 필요한 미숙아와 만삭아의 경우 빠르고 정확한 심장박동수를 확인하기 위하여 3-유도(3-lead) 심 전도를 사용하는 것이 유용할 수 있으며(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD), 가슴압박을 시행하는 경우 에는 심전도 모니터링을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). 하지만 심전도 모니터링이 신생아 의 산소화를 평가하는 산소포화도 측정기를 대체할 수는 없다.

(2) 호흡 기능 평가 도구

호흡 기능 평가 도구의 사용은 과도한 압력과 과도한 환기량의 공급을 막기에 유용하고,¹²² 호기말 이산화탄소 모니터는 안면 마스크 양압환기 시에 실제 일어나는 가스교환을 평가하기에 유용하다고 알려 져 있다.¹²³ 그러나 아직 예후 향상의 효과는 명확하지 않다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

7) 환기와 산소화

(1) 지속적 팽창압

2015년 국제소생술 교류위원회에서는 지속적인 팽창압을 일률적으로 사용하는 것이 추천되지 않았 다.^{1,124} 이후 지속적 팽창압에 관해 발표된 연구들을 추가하여 2020년 국제소생술 교류위원회에서 1,502명의 신생아를 포함한 10개의 무작위 임상연구를 대상으로 체계적 고찰을 시행하였다.¹²⁵⁻¹³⁴ 분석 결과 지속적 팽창압이 사망률, 기계환기의 필요성, 기관지폐 형성이상, 공기 누출의 빈도를 줄이지 못했

다. 그뿐만 아니라 임신 나이 28주 미만의 미숙아 그룹을 대상으로 한 연구에서는 1초 이상의 지속적 팽창압과 함께 양압환기 요법을 시행하는 것이 퇴원 전 사망에 있어 잠재적인 위해성을 높이는 결과를 보였다.¹³³ 따라서 출생 당시 서맥이나 부적절한 호흡으로 양압환기를 받는 미숙아에게 초기 호흡의 지속적 팽창압은 시행하지 않아야 한다(권고 등급 III: harm, 근거 수준 C-LD). 출생 당시 서맥이나 부적절한 호흡으로 양압환기를 받는 만삭아나 후기 미숙아의 경우, 매우 낮은 근거 수준으로 인해 지속적 팽창압의 적절한 시행 시간을 제시하는 것은 불가능하다.

(2) 호기말 양압(Positive end-expiratory pressure)

양압환기가 필요한 신생아에게 호기말 양압을 함께 주는 것이 호기말 폐의 허탈을 예방하여 도움이 될 수 있다고 생각되나 사람을 대상으로 한 연구는 제한적이다. 호기말 양압에 대하여 2015년 국제소생술 교류위원회에서 검토한 결과, 미숙아에 대한 추가적인 호기말 양압이 사망률, 기관내삽관, 가슴압박, 약물 사용의 빈도를 줄이지 않았고, 심장박동수의 급격한 호전에 영향을 주지 않았으며, 공기 유출, 기관지폐 형성이상, 아프가 점수 등에도 영향을 주지 않았으나, 최대로 들어가는 산소량을 줄일 수 있어 분만장 소생술 시 호기말 양압의 사용이 제안되었다.^{1,124,135} 그 이후 이에 대한 추가적인 연구는 없어, 분만장에서 양압환기 요법을 받는 미숙아에게 5cm H₂O 이상의 호기말 양압을 주는 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 만삭아의 경우는 호기말 양압 사용을 제안할 만한 근거가 불충분하다.

(3) 양압환기 도구와 전문기도유지술

(가) T형 소생기(T-piece resuscitator)와 자가 팽창 백의 효과 비교

양압환기는 유량 팽창 백(flow-inflating bag), 자가 팽창 백, T형 소생기 중 가능한 도구, 익숙한 정도, 선호도 등에 따라 선택하여 효과적으로 전달할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).^{136,137} 자가

팽창 백은 압축가스가 연결되지 않은 곳에서 양압환기를 전달하기에 유용한 도구지만, 다른 도구들에 비해 지속성 기도 양압을 줄 수 없고, 양압환기 시 호기말 양압을 유지할 수 없다.¹³⁸⁻¹⁴¹ 반면, 유량 팽창 백의 경우는 효과적으로 적용하려면 훈련이 필요하다. 사용하기 쉬운 도구인 T형 소생기는 목표 흡기 압력을 좀 더 긴 흡기시간 동안 지속적으로 줄 수 있어 효율적일 것으로 생각되나,¹⁴²⁻¹⁴⁴ 예후 향상에 있어서 T형 소생기가 도움이 된다는 근거는 부족하다.^{136,137} 2015년 가이드라인 발표 이후 추가된 2개의 연구에서 T형 소생기를 사용한 경우 생존율의 향상, 기관지폐 형성이상의 감소, 분만실에서의 기관내삽관의 필요성 감소를 보였다.^{145,146} 심폐소생술 중 양압환기를 받는 신생아에서 T형 소생기나 자가 팽창백 중 어느 한쪽 사용을 권할 만한 근거는 아직 부족하지만(권고 등급 보류), T형 소생기와 가압가스가 구비된 기관에서는 사용이 쉽고 양압의 전달이 더 용이한 T형 소생기를 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

(나) 후두 마스크 기도기

후두 마스크 기도기는 만삭아와 임신 나이 34주 이상의 미숙아에 대한 효율적인 환기를 도울 수 있으나 임신 나이 34주 미만 혹은 출생 체중 2kg 미만의 미숙아에 대한 자료는 부족하다. 안면마스크 환기가 효율적이지 않을 때, 후두마스크 기도기를 기관내삽관의 대안으로 사용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R).¹⁴⁷ 만삭아와 임신 나이 34주 이상의 미숙아에게 시행한 기관내삽관이 실패하거나 가능하지 않을 때 후두마스크 기도기의 사용이 권장된다(권고 등급 I, 근거 수준 C-EO). 가슴압박이나 약물 투여 시의 후두마스크 기도기 사용은 평가되지 않았다.

(다) 기도 내 튜브 위치

소생술을 진행하면서 기관내삽관이 필요한 경우는, 비효율적인 양압환기가 지속되거나 지속적으로 양압환기가 필요한 경우, 가슴압박, 또는 선천성 횡격막 탈장과 같은 특별한 상황에서이다. 기관내삽관을 통한 성공적인 환기의 지표는 심장박동수가 상승하는 것이다. 기도 내 튜브 위치의 확인에 있어 가장

도움이 되는 것은 호기말 이산화탄소 감지기(exhaled CO₂ detector)이다. 호기말 이산화탄소가 감지되지 않으면 식도 내 튜브 삽입이 의심되지만, 심장정지가 있는 등의 폐 혈류량이 감소하여 있는 상황에서는 호기말 이산화탄소 감지기가 위음성을 보여 튜브 위치가 정확한데도 불구하고 위중한 신생아들에게 불필요한 재삽관을 유도할 수 있다. 흉곽 움직임이나 청진상 양쪽 폐야에서 대칭적으로 들리는 호흡음, 그리고 튜브 내 수증기 응축 현상 등을 참조하여 기도 내 튜브 위치를 교정할 수 있다.

(4) 지속성 기도 양압

임신 나이 30주 미만으로 태어난 2,358명의 미숙아를 포함하는 3개의 무작위 연구에서, 지속성 기도 양압을 초기에 적용하는 것이 기관내삽관 후 양압환기를 하는 것보다 이득이 있다고 보고하였다.¹⁴⁸⁻¹⁵⁰ 지속성 기도 양압으로 시작하는 것이 분만장에서의 기관내삽관율을 낮추고, 인공환기 기간을 줄이며, 사망률과 기관지폐 형성이상의 빈도를 낮춘다. 또한, 공기 유출과 뇌실 내 출혈 등의 부작용 발생을 높이지 않는다. 분만실에서 미숙아가 호흡 보조를 필요로 하는 호흡곤란이 있지만 자발 호흡이 있을 때, 기관내삽관 후 양압환기를 하기 전에 지속성 기도 양압을 먼저 시행하는 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R).

8) 산소 필요성의 평가와 산소 투여

(1) 산소포화도 측정기 사용

소생술이 예측되거나, 양압환기가 필요할 때, 생후 5-10분간 중심성 청색증이 지속할 때, 그리고 산소 투여가 필요할 때에는 산소포화도 측정기의 사용이 권장된다.

(2) 산소 투여

(가) 만삭아와 임신 나이 35주 이상의 후기 미숙아

출생 당시 소생술이 필요한 만삭아와 임신 나이 35주 이상의 후기 미숙아에 대한 저산소증의 위험과 과도한 산소 노출에 의한 위험을 저울질하는 논의가 지속되어 왔다. 2019년 국제소생술 교류위원회에서 2,164명의 신생아를 포함한 5개의 무작위 임상연구 및 5개의 준 무작위 임상연구에 대해 체계적 고찰 및 메타분석을 시행하였다.¹⁵¹ 만삭아와 임신 나이 35주 이상의 미숙아에게 초기 소생술 처치 시에 21% 산소로 소생술을 시작하는 것이 100% 산소로 시작하는 것에 비해 단기 사망률을 줄이는 데에 이득이 있었다. 하지만 저산소성 허혈성 뇌병증, 중등도 및 중증 신경발달 장애의 발생률에서는 차이가 없었다. 중간 농도의 산소로 소생술을 시작하는 것에 관한 연구는 없었다.

만삭아와 임신 나이 35주 이상의 후기 미숙아에게 초기 소생술 처치 시에 21%의 산소로 소생술을 시작할 것을 제안하며(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD), 100% 산소로 시작하지 않도록 한다(권고 등급 III: harm, 근거 수준 C-LD). 이후의 산소 투여는 자연 분만된 건강한 만삭아 기준으로 정해진 목표에 따른 동맥관전(pre-ductal) 산소포화도 달성 여부에 따라 조절할 수 있다.¹⁵²

(나) 임신 나이 35주 미만의 미숙아

2019년 국제소생술 교류위원회에서 2018년 8월까지 발표한 무작위 임상연구¹⁵³⁻¹⁶⁴ 및 4개의 코호트 연구¹⁶⁵⁻¹⁶⁸에 대해 체계적 고찰 및 메타 분석을 시행하였다.¹⁶⁹ 이후 2019년에 발표된 1개의 무작위 임상연구를 포함하여¹⁷⁰ 한국 과학적 합의와 치료권고를 위한 메타 분석을 시행한 결과 임신 나이 35주 미만의 미숙아에게 초기 소생술 처치 시에 고농도 산소(60-100%)를 투여하는 것이 저농도 산소(21-30%)를 투여하는 것에 비해 단기 및 장기 사망률을 줄이지 않았다. 또한, 초기 소생술에서 고농도 산소를 투여하는 것이 신경발달 장애, 미숙아 망막병증, 기관지폐 형성이상, 괴사성 장염의 예방에 이득

이 없었다.

임신 나이 35주 미만의 미숙아가 지속성 기도 양압, 양압환기를 포함한 초기 호흡 보조를 받을 때 고농도 산소(60-100%)로 시작하는 것보다 저농도 산소(21~30%)로 시작하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 미숙아에게 권고되는 정확한 산소농도를 맞추기 위해서는 산소 블렌더를 사용해야 하나, 장비가 갖춰지지 않은 상황에서는 산소 저장소가 부착된 자가 팽창 백으로 유량을 조절하여 산소농도를 조절해 볼 수 있다.¹⁷¹

9) 가슴압박

충분한 양압환기 요법을 30초 이상 적용했음에도 불구하고 심장박동수가 분당 60회 미만이면, 가슴압박을 시작해야 한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO)^{1,16,135}. 가슴압박은 흉곽의 하부 1/3 부분에서 실시하고,^{172,173} 압박의 깊이는 흉곽의 앞뒤 간격의 1/3로 한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).¹⁷⁴ 가슴압박을 실시하는 방법은 두 가지가 있는데, 첫째는 양손의 엄지손가락을 사용하면서 나머지 손가락으로 흉곽을 둘러싸서 등 쪽을 지지하는 방법이고(양 엄지 방법), 둘째는 한쪽 손의 두 개의 손가락을 사용하면서 다른 손으로 아기의 등을 지지하는 방법이다(두 손가락 방법). 양 엄지 방법으로 가슴압박을 시행할 때, 혈압이 더 높게 유지되고 관상동맥 혈류도 더 좋을 뿐만 아니라 소생술 시행자의 피로도도 낮으므로, 양 엄지 방법으로 시행하는 것이 보다 권장된다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).¹⁷⁵⁻¹⁷⁸ 양 엄지 방법으로 시행할 경우, 제대정맥관 삽입술이 용이하도록 아기의 머리 곁에서 시행할 수 있다.

가슴압박과 환기 요법을 함께 시행할 때, 두 가지를 동시에 적용하지 않아야 하며, 가슴압박의 이완 시기에 환기 요법이 충분하게 이루어져야 한다. 가슴압박과 환기 요법은 3:1의 비율로 시행하는 것이 권장된다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).^{1,124,135,179-183} 1분 동안 120회 정도의 압박 및 환기를 시행해야 하므로, 각각의 이벤트는 0.5초 정도에 해당한다. 신생아의 경우 대부분 가스교환의 문제로 인해서

심폐 부전이 유발되므로, 신생아 소생술에서 가슴압박 대 환기 요법의 비율은 항상 3:1로 시행하지만, 만약 이러한 부전이 심장에서 유발되는 경우라면, 더 높은 비율인 15:2의 비율로 시행할 수도 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).¹⁴

가슴압박을 시행하는 동안의 적정한 흡입 산소농도에 관한 임상연구는 없고, 다만 8개 동물 연구의 메타분석 연구에서는 21% 산소농도와 비교하였을 때 100% 산소 투여의 효과가 불분명하였다.¹⁸⁴ 그럼에도 불구하고 가슴압박 동안 낮은 산소농도에서 반응이 없는 경우에는 100%까지 산소농도를 높이는 것을 고려해 볼 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 이 경우에도 과산소로 인한 합병증의 위험을 낮추기 위해서 심장박동수가 회복된 직후에는 산소포화도에 따라 산소의 농도를 낮추어야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD).^{1,16,135}

신생아 소생술이 잘 진행되고 있는지를 평가하는 유일한 지표는 심장박동수이다. 그 외에 호기 이산화탄소 농도, 산소포화도 측정기 등이 자발순환회복의 평가에 도움을 줄 수 있다.¹⁸⁵ 그러나 심장 무수축 혹은 서맥을 동반한 신생아에 대해서는 아직 확립된 바가 없으므로, 자발순환회복을 감지해 내기 위한 목적으로 호기 이산화탄소 농도, 산소포화도 측정기 등의 일률적 사용은 권장하지 않는다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

10) 약물요법과 수액 투여

갓 태어난 신생아의 소생술에서 약물은 잘 사용되지 않는다. 신생아의 서맥은 대부분 폐의 불충분한 팽창이나 극심한 저산소증에서 유발되는데, 이는 적절한 환기를 도와줌으로써 대부분 교정된다. 그러나 100% 산소로 적절한 환기 요법과 가슴압박을 60초 이상 시행했음에도 불구하고 심장박동수가 분당 60회 미만이라면, 에피네프린이나 혈장 확장을 위한 수액 요법을 고려해 볼 수 있다.

(1) 에피네프린

적절한 환기와 가슴압박에도 불구하고 심장박동수가 분당 60회 미만인 경우, 정맥으로 에피네프린을 0.01–0.03 mg/kg 용량으로 투여한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 이때 1:10,000으로 희석된 에피네프린 용액을 사용한다. 만약 정맥주사 확보가 어렵다면, 더 많은 용량(0.05–0.1 mg/kg)의 에피네프린을 기관내 튜브를 통해 투여할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 하지만 기도 내 에피네프린의 투여로 정맥주사를 확보하는 일이 늦어져서는 안 된다. 만약 기도 내 에피네프린의 투여에 대한 반응이 적절하지 않다면, 투여 간격과 상관없이 정맥주사를 확보하는 대로 가능한 한 빨리 정맥으로 투여하는 것을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 만약 심장박동수가 지속적으로 분당 60회 미만으로 유지된다면, 추가적인 에피네프린을 매 3~5분마다 정맥주사로 투여한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

(2) 혈장 확장 수액 요법

혈장 확장 수액 요법에 대해서는 2010년도 가이드라인에서 검토되었으며,^{17,18,186} 그 이후 추가적인 인간 대상의 연구는 없었다. 소생술에 반응이 없는 상태에서 실혈이 있거나 혹은 그러한 상황이 의심될 때(창백한 피부, 관류 상태 불량, 약한 맥박)에는 등장성 결정질 수액 또는 수혈 제재를 사용하여 조기에 혈장 확장 수액 요법을 시행할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 권장 용량은 10 mL/kg이고 필요시에 반복 투여가 가능하다. 만약 이러한 상황이 미숙아에서 일어난다면 될 수 있는 대로 천천히 투여해야 뇌실 내 출혈 등의 합병증을 줄일 수 있다.¹⁸⁷ 실혈이 없는 신생아에게 소생술에 대한 반응이 없을 때 일률적으로 혈장 확장 제재를 투여하는 것에 대해서는 근거가 부족하다.

(3) 정맥주사와 골내 주사의 비교

신생아 소생술에서 골내 주사를 통해 약물 및 수액을 성공적으로 투여했다고 제시한 소규모 증례 보

고들이 있지만,^{188,189} 골내 카테터와 연관된 합병증에 대한 증례 보고들도 있다.^{188,190-194} 따라서 원내 분만장에서는 신생아 소생술을 위한 혈관 주사로 제대 정맥주사를 일차적으로 선택하는 것이 타당하다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 제대 정맥주사가 어려우면, 대체방법으로 골내 주사를 확보할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

분만장 밖의 환경에서는 장비 활용도, 숙련도, 경험에 따라 제대 정맥주사 또는 골내 주사 중 하나를 선택하도록 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

11) 소생술 후 관리

(1) 혈당

신생아에서 저혈당과 고혈당 모두 뇌 손상 및 불량한 신경학적 예후의 위험성을 높인다.¹⁹⁵⁻²⁰¹ 따라서 소생술 이후에 가능한 한 빨리 혈당을 감시해야 하며, 적절한 치료를 통해 저혈당과 고혈당을 모두 조절해야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD). 혈당 조절을 위한 프로토콜을 적용하면 저혈당과 고혈당을 조절하고, 혈당이 큰 폭으로 변하는 것을 방지할 수 있을 것이다.

(2) 치료적 저체온 요법

(가) 자원이 충분한 지역

중등증-중증 뇌증을 동반한 만삭아와 후기 미숙아 1,344명을 포함한 8개의 무작위 임상연구를 대상으로 메타분석을 시행한 연구에서, 치료적 저체온 요법이 사망 또는 18개월까지의 주요 신경발달 장애의 복합 결과를 유의하게 감소(odds ratio 0.75; 95% CI, 0.68-0.83)시키는 것으로 보고하였다.²⁰² 임신 나이가 36주 이상이면서, 중등증-중증의 저산소성 허혈성 뇌병증을 동반한 신생아의 경우 명확하게 규

정된 프로토콜을 따라 치료적 저체온 요법을 적용해야 하며, 다학제적 치료 접근 및 장기 추적이 가능한 병원에서 시행할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 A).^{203,204}

(나) 자원이 제한된 지역

인력 및 장비가 불충분한 조건의 지역에서 중등증-중증 뇌증을 동반한 만삭아와 후기 미숙아에게 치료적 저체온 요법을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R).^{205,206} 다만 치료적 저체온 요법을 시행하고자 한다면, 다학제적 치료 접근 및 적절한 의료자원의 공급이 가능한 병원에서 명확하게 규정된 프로토콜을 따라 시행되어야 한다.

12) 소생술 보류 및 소생술 중단

소생술을 시작하지 않는 것과 소생술 도중 또는 소생술 후에 치료를 중단하는 것은 윤리적으로 동등한 문제이다(권고 등급 I, 근거 수준 C-EO).^{207,208} 생존 가능성의 경계에 있거나 사망률 및 이환율이 매우 높을 것으로 예상하는 신생아의 치료 결정은 치료 환경 또는 자원의 접근 가능성에 따라 다양한 양상을 보인다. 그뿐만 아니라, 심각하게 이환된 신생아의 부모는 소생술의 시작과 치료의 유지를 결정하는 데에 많은 역할을 하기를 원하는 것으로 나타났다. 2010년 가이드라인에 의하면, 소생술의 적응증이 되지 않을 때이거나 소생술 시행 후 예후가 불확실한 경우에는 부모의 요구사항을 지지해 주어야 하며, 이러한 2010년 가이드라인을 변경할 만한 새로운 후속연구는 없었다.^{17,18}

초미숙아가 출생 후에 생존 예후가 어떨지 또는 장애가 얼마나 남을 것인지에 대해 출생 전에 판단할 때에는 임신 나이에 근거한다. 예후를 예측하고자 하는 노력의 목적으로 성별, 산전 스테로이드 사용 여부, 그리고 다태아 여부 등의 변수를 이용한 여러 예측체계(scoring system)가 개발되어 있으며, 이러한 예후 예측 도구들이 사망이나 이환을 예측하는 데에 사용될 수 있다.⁴¹

(1) 소생술의 보류

임신 나이 25주 미만에서 출생 직후 예후를 판단할 때, 임신 나이 외에 더 나은 다른 전향적인 예측 식은 현재까지는 없으며, 출생 후 18~22개월 동안의 생존 가능성을 추정하는 데에 도움이 되는 다른 예측 식도 없었다. 임신 나이, 출생 체중의 기준으로 볼 때 극도로 미숙하거나 선천적 기형으로 인해 생존의 가능성이 희박한 경우는(예, 예상 생존율 <50%, 임신 나이 23주 미만, 출생 체중 400g 미만, trisomy 13 혹은 18, 무뇌증 등) 소생술을 보류할 수 있다. 그러나 임신 나이 25주 미만에서 가족들과 상담을 하거나 생존 예후에 대해 조언을 할 때는 임신 나이 추정의 정확성 여부, 용모양막염의 여부, 분만 지역의 의료서비스 수준 등을 고려하여 사례별로 적용하는 것이 합당하다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 생존 가능성의 경계에 있는 신생아의 소생술 보류를 결정할 때에 전문가의 의견을 바탕으로 보호자가 참여하도록 하는 것이 타당하다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO).^{207,208}

(2) 소생술의 중단

분만 직후 10분 이상 심폐소생술을 시행한 신생아를 대상으로 예후를 보고한 연구들에서 신생아 중환자실에 입원한 경우와 생존한 신생아의 비율은 보고에 따라 큰 차이를 보였다.²⁰⁹⁻²²² 출생 직후 10~20분 이상 심폐소생술을 시행하였으나 자발순환회복을 보이지 않는 신생아의 경우 사망의 위험이 크며 생존하더라도 중등 혹은 심한 신경학적 손상을 보이는 경우가 많다. 하지만, 특정한 심폐소생술 기간이 사망이나 신경학적 후유증과 일관되게 관련이 있다는 증거는 없다. 소생술 중단 결정은 환자별로 개별화해야 하며, 이때 원인, 임신 나이, 신생아 집중 치료 및 소생후 치료적 저체온 요법과 같은 신경보호 전략의 적용 등도 고려해야 한다. 출생 후 심폐소생술이 필요한 환자에게 모든 단계의 심폐소생술을 제공하고, 가역적인 원인을 배제한 후에도 자발적인 순환회복이 되지 않고 지속적으로 심폐소생술이 필요한 경우에는 소생술 팀원 및 환자 가족과 소생술 중단에 대하여 논의할 필요가 있다. 소생술 중단 결정 과정에서 환자 가족과의 소통이 중요하며, 출생 후 10~20분 정도에 심폐소생술 중단에 대한 논의를 고려

할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).⁹⁻¹¹

13) 소생술 교육프로그램

(1) 의료진 교육

신생아 소생술 교육에서 시뮬레이션이 표준 구성요소가 되어야 한다.¹⁸⁷ 의료진이나 의과대학 학생들에게 얼마나 자주 교육을 하느냐가 환자의 예후 성과에 영향을 미치지 않는(근거 수준 C-EO), 최소 6개월 이하의 간격으로 교육했을 때 정신운동 수행도(psychomotor performance) (근거 수준 B-R) 및 지식과 자신감(근거 수준 C-LD)이 일부 향상될 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R).^{223,224} 따라서, 현재 2년 주기로 시행되고 있는 신생아 소생술 교육을 현재보다 더 자주 시행하는 것도 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).^{223,225-228}

(2) 강사 교육

소생술 강사에게 교육을 제공하는 것과 강사들의 수행 성과와는 특별한 연관이 없었다.^{229,230} 최적의 강사 훈련 방법에 관한 연구가 더 나오기 전까지는, 강사들이 교육을 받을 때 객관화되고, 구조적이며, 개별화된 구두/서면피드백을 적절한 시기에 수합하고 그 결과에 기반하여 교육하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

14) 브리핑/디브리핑의 효과

브리핑 및 디브리핑의 효과에 대한 1개의 무작위 임상연구²³¹와 3개의 관찰 연구²³²⁻²³⁴를 대상으로 주제 범위 고찰을 시행한 결과, 브리핑이나 디브리핑을 통해 의료진의 지식 및 수행 기술, 신생아의 단기

적인 임상 결과의 개선을 확인하였다. 이에 따라 신생아 소생술 시행 시 브리핑/디브리핑을 포함할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 장기간의 효과에 대한 영향은 불분명하며, 체계적 고찰을 시행하기 위한 근거가 부족한 실정으로 브리핑/디브리핑의 유효성에 관한 연구가 더 진행되어야 한다.

참고문헌

1. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, et al. Part 7: Neonatal Resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2015;132:S204–41.
2. Polglase GR, Blank DA, Barton SK, et al. Physiologically based cord clamping stabilises cardiac output and reduces cerebrovascular injury in asphyxiated near-term lambs. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2018;103:F530–f8.
3. Ersdal HL, Mduma E, Svensen E, Perlman JM. Early initiation of basic resuscitation interventions including face mask ventilation may reduce birth asphyxia related mortality in low-income countries: a prospective descriptive observational study. *Resuscitation* 2012;83:869–73.
4. Ersdal HL, Linde J, Mduma E, Auestad B, Perlman J. Neonatal outcome following cord clamping after onset of spontaneous respiration. *Pediatrics* 2014;134:265–72.
5. Niles DE, Cines C, Insley E, et al. Incidence and characteristics of positive pressure ventilation delivered to newborns in a US tertiary academic hospital. *Resuscitation* 2017;115:102–9.
6. Perlman JM, Risser R. Cardiopulmonary resuscitation in the delivery room. Associated clinical events. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995;149:20–5.
7. Halling C, Sparks JE, Christie L, Wyckoff MH. Efficacy of Intravenous and Endotracheal Epinephrine during Neonatal Cardiopulmonary Resuscitation in the Delivery Room. *J Pediatr* 2017;185:232–6.
8. Australian Institute of Health and Welfare. Australia's mothers and babies 2017—in brief. Perinatal statistics series no. 35. Cat. no. PER 100. Canberra, Australia: AIHW, 27 Jun 2019. (<https://www.aihw.gov.au/getmedia/2a0c22a2-ba27-4ba0-ad47-ebbe51854cd6/aihw-per-100-in-brief.pdf.aspx?inline=true>.)
9. Wyckoff MH, Weiner GM, Neonatal Life Support Collaborators. 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Pediatrics* 2020:e2020038505C.

10. Wyckoff MH, Wyllie J, Aziz K, et al. Neonatal Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2020;142:S185–s221.
11. Wyckoff MH, Wyllie J, Aziz K, et al. Neonatal Life Support 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A156–A87.
12. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132:S368–82.
13. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
14. Wyllie J, Bruinenberg J, Roehr CC, Rüdiger M, Trevisanuto D, Urlesberger B. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 7. Resuscitation and support of transition of babies at birth. *Resuscitation* 2015;95:249–63.
15. Aziz K, Chadwick M, Baker M, Andrews W. Ante- and intra-partum factors that predict increased need for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2008;79:444–52.
16. Wyckoff MH, Aziz K, Escobedo MB, et al. Part 13: Neonatal Resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care (Reprint). *Pediatrics* 2015;136 Suppl 2:S196–218.
17. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, et al. Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2010;122:S516–38.
18. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, et al. Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2010;81 Suppl 1:e260–87.

19. Al-Tawil MM, Abdel-Aal MR, Kaddah MA. A randomized controlled trial on delayed cord clamping and iron status at 3–5 months in term neonates held at the level of maternal pelvis. *J Neonatal Perinatal Med* 2012;5:319–26.
20. Ceriani Cernadas JM, Carroli G, Pellegrini L, et al. The effect of timing of cord clamping on neonatal venous hematocrit values and clinical outcome at term: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 2006;117:e779–86.
21. Chaparro CM, Neufeld LM, Tena Alavez G, Eguia-Liz Cedillo R, Dewey KG. Effect of timing of umbilical cord clamping on iron status in Mexican infants: a randomised controlled trial. *Lancet* 2006;367:1997–2004.
22. Chen X, Li X, Chang Y, Li W, Cui H. Effect and safety of timing of cord clamping on neonatal hematocrit values and clinical outcomes in term infants: A randomized controlled trial. *J Perinatol* 2018;38:251–7.
23. Chopra A, Thakur A, Garg P, Kler N, Gujral K. Early versus delayed cord clamping in small for gestational age infants and iron stores at 3 months of age – a randomized controlled trial. *BMC Pediatr* 2018;18:234.
24. Emhamed MO, van Rheenen P, Brabin BJ. The early effects of delayed cord clamping in term infants born to Libyan mothers. *Trop Doct* 2004;34:218–22.
25. Jahazi A, Kordi M, Mirbehbahani NB, Mazloom SR. The effect of early and late umbilical cord clamping on neonatal hematocrit. *J Perinatol* 2008;28:523–5.
26. Philip AG. Further observations on placental transfusion. *Obstet Gynecol* 1973;42:334–43.
27. Salari Z, Rezapour M, Khalili N. Late umbilical cord clamping, neonatal hematocrit and Apgar scores: a randomized controlled trial. *J Neonatal Perinatal Med* 2014;7:287–91.
28. Ultee CA, van der Deure J, Swart J, Lasham C, van Baar AL. Delayed cord clamping in preterm infants delivered at 34–36 weeks' gestation: a randomised controlled trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008;93:F20–3.

29. Vural I, Ozdemir H, Teker G, Yoldemir T, Bilgen H, Ozek E. Delayed cord clamping in term large-for-gestational age infants: A prospective randomised study. *J Paediatr Child Health* 2019;55:555–60.
30. Yadav AK, Upadhyay A, Gothwal S, Dubey K, Mandal U, Yadav CP. Comparison of three types of intervention to enhance placental redistribution in term newborns: randomized control trial. *J Perinatol* 2015;35:720–4.
31. Mercer JS, Erickson–Owens DA, Collins J, Barcelos MO, Parker AB, Padbury JF. Effects of delayed cord clamping on residual placental blood volume, hemoglobin and bilirubin levels in term infants: a randomized controlled trial. *J Perinatol* 2017;37:260–4.
32. Dong XY, Sun XF, Li MM, Yu ZB, Han SP. Influence of delayed cord clamping on preterm infants with a gestational age of <32 weeks. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi* 2016;18:635–8.
33. Fogarty M, Osborn DA, Askie L, et al. Delayed vs early umbilical cord clamping for preterm infants: a systematic review and meta-analysis. *Am J Obstet Gynecol* 2018;218:1–18.
34. Gokmen Z, Ozkiraz S, Tarcan A, Kozanoglu I, Ozcimen EE, Ozbek N. Effects of delayed umbilical cord clamping on peripheral blood hematopoietic stem cells in premature neonates. *J Perinat Med* 2011;39:323–9.
35. McDonnell M, Henderson–Smart DJ. Delayed umbilical cord clamping in preterm infants: a feasibility study. *J Paediatr Child Health* 1997;33:308–10.
36. Oh W, Fanaroff AA, Carlo WA, Donovan EF, McDonald SA, Poole WK. Effects of delayed cord clamping in very-low-birth-weight infants. *J Perinatol* 2011;31 Suppl 1:S68–71.
37. Rabe H, Diaz–Rossello JL, Duley L, Dowswell T. Effect of timing of umbilical cord clamping and other strategies to influence placental transfusion at preterm birth on maternal and infant outcomes. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;CD003248.
38. Rabe H, Wacker A, Hülskamp G, et al. A randomised controlled trial of delayed cord clamping in very low birth weight preterm infants. *Eur J Pediatr* 2000;159:775–7.

39. Ruangkit C, Bumrunghuet S, Panburana P, Khositseth A, Nuntnarumit P. A Randomized Controlled Trial of Immediate versus Delayed Umbilical Cord Clamping in Multiple-Birth Infants Born Preterm. *Neonatology* 2019;115:156–63.
40. Katheria A, Reister F, Essers J, et al. Association of Umbilical Cord Milking vs Delayed Umbilical Cord Clamping With Death or Severe Intraventricular Hemorrhage Among Preterm Infants. *JAMA* 2019;322:1877–86.
41. Wyckoff MH, Aziz K, Escobedo MB, et al. Part 13: Neonatal Resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132:S543–60.
42. Laptook AR, Salhab W, Bhaskar B. Admission temperature of low birth weight infants: predictors and associated morbidities. *Pediatrics* 2007;119:e643–9.
43. Lunze K, Bloom DE, Jamison DT, Hamer DH. The global burden of neonatal hypothermia: systematic review of a major challenge for newborn survival. *BMC Med* 2013;11:24.
44. Lyu Y, Shah PS, Ye XY, et al. Association between admission temperature and mortality and major morbidity in preterm infants born at fewer than 33 weeks' gestation. *JAMA Pediatr* 2015;169:e150277.
45. World Health Organization, Maternal and Newborn Health/Safe Motherhood. Thermal Protection of the Newborn: A Practical Guide. Geneva, Switzerland: WHO; 1997.
46. Budin P. The Nursling; the feeding and hygiene of premature and full-term infants. *Cal State J Med* 1907;5:216.
47. McCarthy LK, Molloy EJ, Twomey AR, Murphy JF, O'Donnell CP. A randomized trial of exothermic mattresses for preterm newborns in polyethylene bags. *Pediatrics* 2013;132:e135–41.
48. Billimoria Z, Chawla S, Bajaj M, Natarajan G. Improving admission temperature in extremely low birth weight infants: a hospital-based multi-intervention quality improvement project. *J Perinat Med* 2013;41:455–60.
49. Chawla S, Amaram A, Gopal SP, Natarajan G. Safety and efficacy of Trans-warmer mattress for preterm neonates: results of a randomized controlled trial. *J Perinatol* 2011;31:780–4.

50. Ibrahim CP, Yoxall CW. Use of self-heating gel mattresses eliminates admission hypothermia in infants born below 28 weeks gestation. *Eur J Pediatr* 2010;169:795–9.
51. Singh A, Duckett J, Newton T, Watkinson M. Improving neonatal unit admission temperatures in preterm babies: exothermic mattresses, polythene bags or a traditional approach? *J Perinatol* 2010;30:45–9.
52. Meyer MP, Payton MJ, Salmon A, Hutchinson C, de Klerk A. A clinical comparison of radiant warmer and incubator care for preterm infants from birth to 1800 grams. *Pediatrics* 2001;108:395–401.
53. te Pas AB, Lopriore E, Dito I, Morley CJ, Walther FJ. Humidified and heated air during stabilization at birth improves temperature in preterm infants. *Pediatrics* 2010;125:e1427–32.
54. DeMauro SB, Douglas E, Karp K, et al. Improving delivery room management for very preterm infants. *Pediatrics* 2013;132:e1018–25.
55. Lee HC, Powers RJ, Bennett MV, et al. Implementation methods for delivery room management: a quality improvement comparison study. *Pediatrics* 2014;134:e1378–86.
56. Russo A, McCready M, Torres L, et al. Reducing hypothermia in preterm infants following delivery. *Pediatrics* 2014;133:e1055–62.
57. Pinheiro JM, Furdon SA, Boynton S, Dugan R, Reu-Donlon C, Jensen S. Decreasing hypothermia during delivery room stabilization of preterm neonates. *Pediatrics* 2014;133:e218–26.
58. Donnellan D, Moore Z, Patton D, O'Connor T, Nugent L. The effect of thermoregulation quality improvement initiatives on the admission temperature of premature/very low birth-weight infants in neonatal intensive care units: A systematic review. *J Spec Pediatr Nurs* 2020;25:e12286.
59. Amadi HO, Olateju EK, Alabi P, Kawuwa MB, Ibadin MO, Osibogun AO. Neonatal hyperthermia and thermal stress in low- and middle-income countries: a hidden cause of death in extremely low-birthweight neonates. *Paediatr Int Child Health* 2015;35:273–81.
60. Moore ER, Bergman N, Anderson GC, Medley N. Early skin-to-skin contact for mothers and their healthy newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;11:CD003519.

61. Belsches TC, Tilly AE, Miller TR, et al. Randomized trial of plastic bags to prevent term neonatal hypothermia in a resource-poor setting. *Pediatrics* 2013;132:e656-61.
62. Feldman A, De Benedictis B, Alpan G, La Gamma EF, Kase J. Morbidity and mortality associated with rewarming hypothermic very low birth weight infants. *J Neonatal Perinatal Med* 2016;9:295-302.
63. Rech Morassutti F, Cavallin F, Zaramella P, Bortolus R, Parotto M, Trevisanuto D. Association of Rewarming Rate on Neonatal Outcomes in Extremely Low Birth Weight Infants with Hypothermia. *J Pediatr* 2015;167:557-61.e1-2.
64. Petrova A, Demissie K, Rhoads GG, Smulian JC, Marcella S, Ananth CV. Association of maternal fever during labor with neonatal and infant morbidity and mortality. *Obstet Gynecol* 2001;98:20-7.
65. Alexander JM, McIntire DM, Leveno KJ. Chorioamnionitis and the prognosis for term infants. *Obstet Gynecol* 1999;94:274-8.
66. Greenwell EA, Wyshak G, Ringer SA, Johnson LC, Rivkin MJ, Lieberman E. Intrapartum temperature elevation, epidural use, and adverse outcome in term infants. *Pediatrics* 2012;129:e447-54.
67. Goetzl L, Manevich Y, Roedner C, Praktish A, Hebbar L, Townsend DM. Maternal and fetal oxidative stress and intrapartum term fever. *Am J Obstet Gynecol* 2010;202:363.e1-5.
68. Glass HC, Pham TN, Danielsen B, Towner D, Glidden D, Wu YW. Antenatal and intrapartum risk factors for seizures in term newborns: a population-based study, California 1998-2002. *J Pediatr* 2009;154:24-8.e1.
69. Lieberman E, Lang J, Richardson DK, Frigoletto FD, Heffner LJ, Cohen A. Intrapartum maternal fever and neonatal outcome. *Pediatrics* 2000;105:8-13.
70. Lieberman E, Eichenwald E, Mathur G, Richardson D, Heffner L, Cohen A. Intrapartum fever and unexplained seizures in term infants. *Pediatrics* 2000;106:983-8.
71. Badawi N, Kurinczuk JJ, Keogh JM, et al. Intrapartum risk factors for newborn encephalopathy: the Western Australian case-control study. *BMJ* 1998;317:1554-8.

72. Impey L, Greenwood C, MacQuillan K, Reynolds M, Sheil O. Fever in labour and neonatal encephalopathy: a prospective cohort study. *BJOG* 2001;108:594–7.
73. Impey LW, Greenwood CE, Black RS, Yeh PS, Sheil O, Doyle P. The relationship between intrapartum maternal fever and neonatal acidosis as risk factors for neonatal encephalopathy. *Am J Obstet Gynecol* 2008;198:49.e1–6.
74. Linder N, Fridman E, Makhoul A, et al. Management of term newborns following maternal intrapartum fever. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2013;26:207–10.
75. Butwick AJ, Lipman SS, Carvalho B. Intraoperative forced air–warming during cesarean delivery under spinal anesthesia does not prevent maternal hypothermia. *Anesth Analg* 2007;105:1413–9.
76. Fallis WM, Hamelin K, Symonds J, Wang X. Maternal and newborn outcomes related to maternal warming during cesarean delivery. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 2006;35:324–31.
77. Horn EP, Schroeder F, Gottschalk A, et al. Active warming during cesarean delivery. *Anesth Analg* 2002;94:409–14.
78. Woolnough M, Allam J, Hemingway C, Cox M, Yentis SM. Intra–operative fluid warming in elective caesarean section: a blinded randomised controlled trial. *Int J Obstet Anesth* 2009;18:346–51.
79. Yokoyama K, Suzuki M, Shimada Y, Matsushima T, Bito H, Sakamoto A. Effect of administration of pre–warmed intravenous fluids on the frequency of hypothermia following spinal anesthesia for Cesarean delivery. *J Clin Anesth* 2009;21:242–8.
80. Mullany LC, Katz J, Khatry SK, LeClerq SC, Darmstadt GL, Tielsch JM. Risk of mortality associated with neonatal hypothermia in southern Nepal. *Arch Pediatr Adolesc Med*;164:650–6.
81. Raman S, Shahla A. Temperature drop in normal term newborn infants born at the University Hospital, Kuala Lumpur. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 1992;32:117–9.
82. Bergman NJ, Linley LL, Fawcus SR. Randomized controlled trial of skin–to–skin contact from birth versus conventional incubator for physiological stabilization in 1200– to 2199–gram newborns. *Acta Paediatr* 2004;93:779–85.

83. Fardig JA. A comparison of skin-to-skin contact and radiant heaters in promoting neonatal thermoregulation. *J Nurse Midwifery* 1980;25:19–28.
84. Christensson K. Fathers can effectively achieve heat conservation in healthy newborn infants. *Acta Paediatr* 1996;85:1354–60.
85. Christensson K, Siles C, Moreno L, et al. Temperature, metabolic adaptation and crying in healthy full-term newborns cared for skin-to-skin or in a cot. *Acta Paediatr* 1992;81:488–93.
86. Bystrova K, Widström AM, Matthiesen AS, et al. Skin-to-skin contact may reduce negative consequences of "the stress of being born": a study on temperature in newborn infants, subjected to different ward routines in St. Petersburg. *Acta Paediatr* 2003;92:320–6.
87. Gouchon S, Gregori D, Picotto A, Patrucco G, Nangeroni M, Di Giulio P. Skin-to-skin contact after cesarean delivery: an experimental study. *Nurs Res* 2010;59:78–84.
88. Marín Gabriel MA, Llana Martín I, López Escobar A, Fernández Villalba E, Romero Blanco I, Touza Pol P. Randomized controlled trial of early skin-to-skin contact: effects on the mother and the newborn. *Acta Paediatr* 2010;99:1630–4.
89. Nimbalkar SM, Patel VK, Patel DV, Nimbalkar AS, Sethi A, Phatak A. Effect of early skin-to-skin contact following normal delivery on incidence of hypothermia in neonates more than 1800 g: randomized control trial. *J Perinatol* 2014;34:364–8.
90. Gungor S, Kurt E, Teksoz E, Goktolga U, Ceyhan T, Baser I. Oronasopharyngeal suction versus no suction in normal and term infants delivered by elective cesarean section: a prospective randomized controlled trial. *Gynecol Obstet Invest* 2006;61:9–14.
91. Gungor S, Teksoz E, Ceyhan T, Kurt E, Goktolga U, Baser I. Oronasopharyngeal suction versus no suction in normal, term and vaginally born infants: a prospective randomised controlled trial. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 2005;45:453–6.
92. McCartney PR. Bulb Syringes in Newborn Care. *MCN Am J Matern Child Nurs* 2000;25:217.
93. Carrasco M, Martell M, Estol PC. Oronasopharyngeal suction at birth: effects on arterial oxygen saturation. *J Pediatr* 1997;130:832–4.

94. Kohlhauser C, Bernert G, Hermon M, Popow C, Seidl R, Pollak A. Effects of endotracheal suctioning in high-frequency oscillatory and conventionally ventilated low birth weight neonates on cerebral hemodynamics observed by near infrared spectroscopy (NIRS). *Pediatr Pulmonol* 2000;29:270–5.
95. Skov L, Ryding J, Pryds O, Greisen G. Changes in cerebral oxygenation and cerebral blood volume during endotracheal suctioning in ventilated neonates. *Acta Paediatr* 1992;81:389–93.
96. van Bel F, van de Bor M, Baan J, Ruys JH. The influence of abnormal blood gases on cerebral blood flow velocity in the preterm newborn. *Neuropediatrics* 1988;19:27–32.
97. Perlman JM, Volpe JJ. Suctioning in the preterm infant: effects on cerebral blood flow velocity, intracranial pressure, and arterial blood pressure. *Pediatrics* 1983;72:329–34.
98. Fisher DM, Frewen T, Swedlow DB. Increase in intracranial pressure during suctioning—stimulation vs. rise in PaCO₂. *Anesthesiology* 1982;57:416–7.
99. Simbruner G, Coradello H, Fodor M, Havelec L, Lubec G, Pollak A. Effect of tracheal suction on oxygenation, circulation, and lung mechanics in newborn infants. *Arch Dis Child* 1981;56:326–30.
100. Konstantelos D, Ifflaender S, Dinger J, Rüdiger M. Suctioning habits in the delivery room and the influence on postnatal adaptation – a video analysis. *J Perinat Med* 2015;43:777–82.
101. Foster JP, Dawson JA, Davis PG, Dahlen HG. Routine oro/nasopharyngeal suction versus no suction at birth. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;4:CD010332.
102. Vain NE, Szyld EG, Prudent LM, Wiswell TE, Aguilar AM, Vivas NI. Oropharyngeal and nasopharyngeal suctioning of meconium-stained neonates before delivery of their shoulders: multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2004;364:597–602.
103. Chettri S, Adhisivam B, Bhat BV. Endotracheal Suction for Nonvigorous Neonates Born through Meconium Stained Amniotic Fluid: A Randomized Controlled Trial. *J Pediatr* 2015;166:1208–13.e1.
104. Kumar A, Kumar P, Basu S. Endotracheal suctioning for prevention of meconium aspiration syndrome: a randomized controlled trial. *Eur J Pediatr* 2019;178:1825–32.

105. Nangia S, Sunder S, Biswas R, Saili A. Endotracheal suction in term non vigorous meconium stained neonates—A pilot study. *Resuscitation* 2016;105:79–84.
106. Singh SN, Saxena S, Bhriguvanshi A, Kumar M, Chandrakanta, Sujata. Effect of endotracheal suctioning just after birth in non—vigorous infants born through meconium stained amniotic fluid: A randomized controlled trial. *Clin Epidemiol Glob Health* 2019;7:165–70.
107. Chiruvolu A, Miklis KK, Chen E, Petrey B, Desai S. Delivery Room Management of Meconium—Stained Newborns and Respiratory Support. *Pediatrics* 2018;142:e20181485.
108. Kalra VK, Lee HC, Sie L, Ratnasiri AW, Underwood MA, Lakshminrusimha S. Change in neonatal resuscitation guidelines and trends in incidence of meconium aspiration syndrome in California. *J Perinatol* 2020;40:46–55.
109. Myers P, Gupta AG. Impact of the Revised NRP Meconium Aspiration Guidelines on Term Infant Outcomes. *Hosp Pediatr* 2020;10:295–9.
110. Lee AC, Cousens S, Wall SN, et al. Neonatal resuscitation and immediate newborn assessment and stimulation for the prevention of neonatal deaths: a systematic review, meta—analysis and Delphi estimation of mortality effect. *BMC Public Health* 2011;11 Suppl 3:S12.
111. American Academy of Pediatrics and American Heart Association. Textbook of Neonatal Resuscitation (NRP), 7th ed. Elk Grove Village, IL: American Academy of Pediatrics; 2016.
112. Kalaniti K, Chacko A, Daspal S. Tactile Stimulation During Newborn Resuscitation: The Good, the Bad, and the Ugly. *Oman Med J* 2018;33:84–5.
113. Japan Society of Perinatal and Neonatal Medicine. The Textbook of Neonatal Cardiopulmonary Resuscitation Based on the 2015 Guidelines of the Japan Resuscitation Council, 3rd ed. Tokyo, Japan: Medical View Co., Ltd.; 2016.
114. Voogdt KG, Morrison AC, Wood FE, van Elburg RM, Wyllie JP. A randomised, simulated study assessing auscultation of heart rate at birth. *Resuscitation* 2010;81:1000–3.
115. Dawson JA, Saraswat A, Simionato L, et al. Comparison of heart rate and oxygen saturation measurements from Masimo and Nellcor pulse oximeters in newly born term infants. *Acta Paediatr* 2013;102:955–60.

116. Kamlin CO, Dawson JA, O'Donnell CP, et al. Accuracy of pulse oximetry measurement of heart rate of newborn infants in the delivery room. *J Pediatr* 2008;152:756–60.
117. van Vonderen JJ, Hooper SB, Kroese JK, et al. Pulse oximetry measures a lower heart rate at birth compared with electrocardiography. *J Pediatr* 2015;166:49–53.
118. Anton O, Fernandez R, Rendon–Morales E, Aviles–Espinosa R, Jordan H, Rabe H. Heart Rate Monitoring in Newborn Babies: A Systematic Review. *Neonatology* 2019;116:199–210.
119. Iglesias B, Rodríguez MJ, Aleo E, et al. Pulse oximetry versus electrocardiogram for heart rate assessment during resuscitation of the preterm infant. *An Pediatr (Barc)* 2016;84:271–7.
120. Gulati R, Zayek M, Eyal F. Presetting ECG electrodes for earlier heart rate detection in the delivery room. *Resuscitation* 2018;128:83–7.
121. Iglesias B, Rodríguez MAJ, Aleo E, Criado E, Martí Nez–Orgado J, Arruza L. 3–lead electrocardiogram is more reliable than pulse oximetry to detect bradycardia during stabilisation at birth of very preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2018;103:F233–f7.
122. Schmölzer GM, Morley CJ, Wong C, et al. Respiratory function monitor guidance of mask ventilation in the delivery room: a feasibility study. *J Pediatr* 2012;160:377–81.e2.
123. Kong JY, Rich W, Finer NN, Leone TA. Quantitative end–tidal carbon dioxide monitoring in the delivery room: a randomized controlled trial. *J Pediatr* 2013;163:104–8.e1.
124. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, et al. Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2015;95:e169–201.
125. Lindner W, Högel J, Pohlandt F. Sustained pressure–controlled inflation or intermittent mandatory ventilation in preterm infants in the delivery room? A randomized, controlled trial on initial respiratory support via nasopharyngeal tube. *Acta Paediatr* 2005;94:303–9.
126. Lista G, Boni L, Scopesi F, et al. Sustained lung inflation at birth for preterm infants: a randomized clinical trial. *Pediatrics* 2015;135:e457–64.

127. Schwabegger B, Pichler G, Avian A, Binder–Heschl C, Baik N, Urlesberger B. Do Sustained Lung Inflations during Neonatal Resuscitation Affect Cerebral Blood Volume in Preterm Infants? A Randomized Controlled Pilot Study. *PLoS One* 2015;10:e0138964.
128. Jiravisitkul P, Rattanasiri S, Nuntnarumit P. Randomised controlled trial of sustained lung inflation for resuscitation of preterm infants in the delivery room. *Resuscitation* 2017;111:68–73.
129. Ngan AY, Cheung PY, Hudson–Mason A, et al. Using exhaled CO(2) to guide initial respiratory support at birth: a randomised controlled trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2017;102:F525–31.
130. El–Chimi MS, Awad HA, El–Gammasy TM, El–Farghali OG, Sallam MT, Shinkar DM. Sustained versus intermittent lung inflation for resuscitation of preterm infants: a randomized controlled trial. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2017;30:1273–8.
131. Abd El–Fattah N, Nasef N, Al–Harrass MF, Khashaba M. Sustained lung inflation at birth for preterm infants at risk of respiratory distress syndrome: The proper pressure and duration. *J Neonatal Perinatal Med* 2017;10:409–17.
132. La Verde A, Franchini S, Lapergola G, et al. Effects of Sustained Inflation or Positive Pressure Ventilation on the Release of Adrenomedullin in Preterm Infants with Respiratory Failure at Birth. *Am J Perinatol* 2019;36:S110–s4.
133. Kirpalani H, Ratcliffe SJ, Keszler M, et al. Effect of Sustained Inflations vs Intermittent Positive Pressure Ventilation on Bronchopulmonary Dysplasia or Death Among Extremely Preterm Infants: The SAIL Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2019;321:1165–75.
134. Mercadante D, Colnaghi M, Polimeni V, et al. Sustained lung inflation in late preterm infants: a randomized controlled trial. *J Perinatol* 2016;36:443–7.
135. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, et al. Part 7: Neonatal Resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations (Reprint). *Pediatrics* 2015;136 Suppl 2:S120–66.
136. Dawson JA, Schmölzer GM, Kamlin CO, et al. Oxygenation with T–piece versus self–inflating bag for ventilation of extremely preterm infants at birth: a randomized controlled trial. *J Pediatr* 2011;158:912–8.e1–2.

137. Szyld E, Aguilar A, Musante GA, et al. Comparison of devices for newborn ventilation in the delivery room. *J Pediatr* 2014;165:234–9.e3.
138. Dawson JA, Gerber A, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ. Providing PEEP during neonatal resuscitation: which device is best? *J Paediatr Child Health* 2011;47:698–703.
139. Morley CJ, Dawson JA, Stewart MJ, Hussain F, Davis PG. The effect of a PEEP valve on a Laerdal neonatal self-inflating resuscitation bag. *J Paediatr Child Health* 2010;46:51–6.
140. Bennett S, Finer NN, Rich W, Vaucher Y. A comparison of three neonatal resuscitation devices. *Resuscitation* 2005;67:113–8.
141. Kelm M, Proquitté H, Schmalisch G, Roehr CC. Reliability of two common PEEP-generating devices used in neonatal resuscitation. *Klin Padiatr* 2009;221:415–8.
142. Oddie S, Wyllie J, Scally A. Use of self-inflating bags for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2005;67:109–12.
143. Hussey SG, Ryan CA, Murphy BP. Comparison of three manual ventilation devices using an intubated mannequin. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2004;89:F490–3.
144. Finer NN, Rich W, Craft A, Henderson C. Comparison of methods of bag and mask ventilation for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2001;49:299–305.
145. Guinsburg R, de Almeida MFB, de Castro JS, et al. T-piece versus self-inflating bag ventilation in preterm neonates at birth. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2018;103:F49–55.
146. Thakur A, Saluja S, Modi M, et al. T-piece or self inflating bag for positive pressure ventilation during delivery room resuscitation: an RCT. *Resuscitation* 2015;90:21–4.
147. Qureshi MJ, Kumar M. Laryngeal mask airway versus bag-mask ventilation or endotracheal intubation for neonatal resuscitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;3:CD003314.
148. Morley CJ, Davis PG, Doyle LW, Brion LP, Hascoet JM, Carlin JB. Nasal CPAP or intubation at birth for very preterm infants. *N Engl J Med* 2008;358:700–8.
149. Finer NN, Carlo WA, Walsh MC, et al. Early CPAP versus surfactant in extremely preterm infants. *N Engl J Med* 2010;362:1970–9.

150. Dunn MS, Kaempf J, de Klerk A, et al. Randomized trial comparing 3 approaches to the initial respiratory management of preterm neonates. *Pediatrics* 2011;128:e1069–76.
151. Welsford M, Nishiyama C, Shortt C, et al. Room Air for Initiating Term Newborn Resuscitation: A Systematic Review With Meta-analysis. *Pediatrics* 2019;143:e20181825.
152. Mariani G, Dik PB, Ezquer A, et al. Pre-ductal and post-ductal O₂ saturation in healthy term neonates after birth. *J Pediatr* 2007;150:418–21.
153. Lundstrøm KE, Pryds O, Greisen G. Oxygen at birth and prolonged cerebral vasoconstriction in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1995;73:F81–6.
154. Harling AE, Beresford MW, Vince GS, Bates M, Yoxall CW. Does sustained lung inflation at resuscitation reduce lung injury in the preterm infant? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2005;90:F406–10.
155. Wang CL, Anderson C, Leone TA, Rich W, Govindaswami B, Finer NN. Resuscitation of preterm neonates by using room air or 100% oxygen. *Pediatrics* 2008;121:1083–9.
156. Vento M, Moro M, Escrig R, et al. Preterm resuscitation with low oxygen causes less oxidative stress, inflammation, and chronic lung disease. *Pediatrics* 2009;124:e439–49.
157. Rabi Y, Singhal N, Nettel-Aguirre A. Room-air versus oxygen administration for resuscitation of preterm infants: the ROAR study. *Pediatrics* 2011;128:e374–81.
158. Armanian AM, Badiie Z. Resuscitation of preterm newborns with low concentration oxygen versus high concentration oxygen. *J Res Pharm Pract* 2012;1:25–9.
159. Kapadia VS, Chalak LF, Sparks JE, Allen JR, Savani RC, Wyckoff MH. Resuscitation of preterm neonates with limited versus high oxygen strategy. *Pediatrics* 2013;132:e1488–96.
160. Aguar M, Brugada M, Escobar J, et al. Resuscitation of ELBW infants with initial FiO₂ of 30% vs. 60%, a randomized, controlled, blinded study: the REOX trial. In: 2013 PAS Annual Meeting; May 4–7, 2013; Washington, DC; 2013.
161. Rook D, Schierbeek H, Vento M, et al. Resuscitation of preterm infants with different inspired oxygen fractions. *J Pediatr* 2014;164:1322–6.e3.

162. Boronat N, Aguar M, Rook D, et al. Survival and Neurodevelopmental Outcomes of Preterms Resuscitated With Different Oxygen Fractions. *Pediatrics* 2016;138:e20161405.
163. Thamrin V, Saugstad OD, Tarnow-Mordi W, et al. Preterm Infant Outcomes after Randomization to Initial Resuscitation with FiO_2 0.21 or 1.0. *J Pediatr* 2018;201:55–61.e1.
164. Oei JL, Saugstad OD, Lui K, et al. Targeted Oxygen in the Resuscitation of Preterm Infants, a Randomized Clinical Trial. *Pediatrics* 2017;139:e20161452.
165. Kapadia VS, Lal CV, Kakkilaya V, Heyne R, Savani RC, Wyckoff MH. Impact of the Neonatal Resuscitation Program—Recommended Low Oxygen Strategy on Outcomes of Infants Born Preterm. *J Pediatr* 2017;191:35–41.
166. Soraisham AS, Rabi Y, Shah PS, et al. Neurodevelopmental outcomes of preterm infants resuscitated with different oxygen concentration at birth. *J Perinatol* 2017;37:1141–7.
167. Dawson JA, Kamlin CO, Wong C, et al. Oxygen saturation and heart rate during delivery room resuscitation of infants <30 weeks' gestation with air or 100% oxygen. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2009;94:F87–91.
168. Rabi Y, Lodha A, Soraisham A, Singhal N, Barrington K, Shah PS. Outcomes of preterm infants following the introduction of room air resuscitation. *Resuscitation* 2015;96:252–9.
169. Welsford M, Nishiyama C, Shortt C, et al. Initial Oxygen Use for Preterm Newborn Resuscitation: A Systematic Review With Meta-analysis. *Pediatrics* 2019;143:e20181828.
170. Dekker J, Martherus T, Lopriore E, et al. The Effect of Initial High vs. Low FiO_2 on Breathing Effort in Preterm Infants at Birth: A Randomized Controlled Trial. *Front Pediatr* 2019;7:504.
171. Thio M, van Kempen L, Rafferty AR, Bhatia R, Dawson JA, Davis PG. Neonatal resuscitation in resource-limited settings: titrating oxygen delivery without an oxygen blender. *J Pediatr* 2014;165:256–60.e1.
172. Saini SS, Gupta N, Kumar P, Bhalla AK, Kaur H. A comparison of two-fingers technique and two-thumbs encircling hands technique of chest compression in neonates. *J Perinatol* 2012;32:690–4.

173. You Y. Optimum location for chest compressions during two-rescuer infant cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2009;80:1378–81.
174. Meyer A, Nadkarni V, Pollock A, et al. Evaluation of the Neonatal Resuscitation Program's recommended chest compression depth using computerized tomography imaging. *Resuscitation* 2010;81:544–8.
175. Christman C, Hemway RJ, Wyckoff MH, Perlman JM. The two-thumb is superior to the two-finger method for administering chest compressions in a manikin model of neonatal resuscitation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2011;96:F99–101.
176. Martin PS, Kemp AM, Theobald PS, Maguire SA, Jones MD. Do chest compressions during simulated infant CPR comply with international recommendations? *Arch Dis Child* 2013;98:576–81.
177. Park J, Yoon C, Lee JC, et al. Manikin-integrated digital measuring system for assessment of infant cardiopulmonary resuscitation techniques. *IEEE J Biomed Health Inform* 2014;18:1659–67.
178. David R. Closed chest cardiac massage in the newborn infant. *Pediatrics* 1988;81:552–4.
179. Pasquin MP, Cheung PY, Patel S, et al. Comparison of Different Compression to Ventilation Ratios (2: 1, 3: 1, and 4: 1) during Cardiopulmonary Resuscitation in a Porcine Model of Neonatal Asphyxia. *Neonatology* 2018;114:37–45.
180. Schmölzer GM, O'Reilly M, Labossiere J, et al. 3:1 compression to ventilation ratio versus continuous chest compression with asynchronous ventilation in a porcine model of neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2014;85:270–5.
181. Solevåg AL, Dannevig I, Wyckoff M, Saugstad OD, Nakstad B. Extended series of cardiac compressions during CPR in a swine model of perinatal asphyxia. *Resuscitation* 2010;81:1571–6.
182. Solevåg AL, Dannevig I, Wyckoff M, Saugstad OD, Nakstad B. Return of spontaneous circulation with a compression:ventilation ratio of 15:2 versus 3:1 in newborn pigs with cardiac arrest due to asphyxia. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2011;96:F417–21.
183. Solevåg AL, Schmölzer GM, O'Reilly M, et al. Myocardial perfusion and oxidative stress after 21% vs. 100% oxygen ventilation and uninterrupted chest compressions in severely asphyxiated piglets. *Resuscitation* 2016;106:7–13.

184. Garcia-Hidalgo C, Cheung PY, Solevåg AL, et al. A Review of Oxygen Use During Chest Compressions in Newborns—A Meta-Analysis of Animal Data. *Front Pediatr* 2018;6:400.
185. Chalak LF, Barber CA, Hynan L, Garcia D, Christie L, Wyckoff MH. End-tidal CO₂ detection of an audible heart rate during neonatal cardiopulmonary resuscitation after asystole in asphyxiated piglets. *Pediatric research* 2011;69:401–5.
186. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, et al. Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Pediatrics* 2010;126:e1319–44.
187. Kattwinkel J, Perlman JM, Aziz K, et al. Part 15: neonatal resuscitation: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122:S909–19.
188. Ellemunter H, Simma B, Trawöger R, Maurer H. Intraosseous lines in preterm and full term neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1999;80:F74–5.
189. Wagner M, Olischar M, O'Reilly M, et al. Review of Routes to Administer Medication During Prolonged Neonatal Resuscitation. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:332–8.
190. Vidal R, Kissoon N, Gayle M. Compartment syndrome following intraosseous infusion. *Pediatrics* 1993;91:1201–2.
191. Carreras-González E, Brió-Sanagustín S, Guimerá I, Crespo C. [Complication of the intraosseous route in a newborn infant]. *Med Intensiva* 2012;36:233–4.
192. Katz DS, Wojtowycz AR. Tibial fracture: a complication of intraosseous infusion. *Am J Emerg Med* 1994;12:258–9.
193. Oesterlie GE, Petersen KK, Knudsen L, Henriksen TB. Crural amputation of a newborn as a consequence of intraosseous needle insertion and calcium infusion. *Pediatr Emerg Care* 2014;30:413–4.
194. Suominen PK, Nurmi E, Lauerma K. Intraosseous access in neonates and infants: risk of severe complications – a case report. *Acta Anaesthesiol Scand* 2015;59:1389–93.

195. Castrodale V, Rinehart S. The golden hour: improving the stabilization of the very low birth-weight infant. *Adv Neonatal Care* 2014;14:9–14; quiz 15–6.
196. McKinlay CJ, Alsweiler JM, Ansell JM, et al. Neonatal Glycemia and Neurodevelopmental Outcomes at 2 Years. *N Engl J Med* 2015;373:1507–18.
197. Nadeem M, Murray DM, Boylan GB, Dempsey EM, Ryan CA. Early blood glucose profile and neurodevelopmental outcome at two years in neonatal hypoxic–ischaemic encephalopathy. *BMC Pediatr* 2011;11:10.
198. Pinchevsky EF, Hahn CD, Kamino D, et al. Hyperglycemia and Glucose Variability Are Associated with Worse Brain Function and Seizures in Neonatal Encephalopathy: A Prospective Cohort Study. *J Pediatr* 2019;209:23–32.
199. Salhab WA, Wyckoff MH, Laptook AR, Perlman JM. Initial hypoglycemia and neonatal brain injury in term infants with severe fetal acidemia. *Pediatrics* 2004;114:361–6.
200. Shah BR, Sharifi F. Perinatal outcomes for untreated women with gestational diabetes by IADPSG criteria: a population-based study. *BJOG* 2020;127:116–22.
201. Tan JKG, Minutillo C, McMichael J, Rao S. Impact of hypoglycaemia on neurodevelopmental outcomes in hypoxic ischaemic encephalopathy: a retrospective cohort study. *BMJ Paediatr Open* 2017;1:e000175.
202. Jacobs SE, Berg M, Hunt R, Tarnow–Mordi WO, Inder TE, Davis PG. Cooling for newborns with hypoxic ischaemic encephalopathy. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;2013:CD003311.
203. Aziz K, Lee HC, Escobedo MB, et al. Part 5: Neonatal Resuscitation: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142:S524–50.
204. Aziz K, Lee HC, Escobedo MB, et al. Part 5: Neonatal Resuscitation 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Pediatrics* 2021;147(Suppl 1):e2020038505E.

205. Bharadwaj SK, Bhat BV. Therapeutic hypothermia using gel packs for term neonates with hypoxic ischaemic encephalopathy in resource-limited settings: a randomized controlled trial. *J Trop Pediatr* 2012;58:382–8.
206. Jacobs SE, Morley CJ, Inder TE, et al. Whole-body hypothermia for term and near-term newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy: a randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2011;165:692–700.
207. Bell EF. Noninitiation or withdrawal of intensive care for high-risk newborns. *Pediatrics* 2007;119:401–3.
208. Cummings J. Antenatal Counseling Regarding Resuscitation and Intensive Care Before 25 Weeks of Gestation. *Pediatrics* 2015;136:588–95.
209. Harrington DJ, Redman CW, Moulden M, Greenwood CE. The long-term outcome in surviving infants with Apgar zero at 10 minutes: a systematic review of the literature and hospital-based cohort. *Am J Obstet Gynecol* 2007;196:463.e1–5.
210. Casalaz DM, Marlow N, Speidel BD. Outcome of resuscitation following unexpected apparent stillbirth. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1998;78:F112–5.
211. Haddad B, Mercer BM, Livingston JC, Talati A, Sibai BM. Outcome after successful resuscitation of babies born with apgar scores of 0 at both 1 and 5 minutes. *Am J Obstet Gynecol* 2000;182:1210–4.
212. Jain L, Ferre C, Vidyasagar D, Nath S, Sheftel D. Cardiopulmonary resuscitation of apparently stillborn infants: survival and long-term outcome. *J Pediatr* 1991;118:778–82.
213. Kasdorf E, Laptook A, Azzopardi D, Jacobs S, Perlman JM. Improving infant outcome with a 10 min Apgar of 0. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2015;100:F102–5.
214. Natarajan G, Shankaran S, Laptook AR, et al. Apgar scores at 10 min and outcomes at 6–7 years following hypoxic-ischaemic encephalopathy. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2013;98:F473–9.
215. Sarkar S, Bhagat I, Dechert RE, Barks JD. Predicting death despite therapeutic hypothermia in infants with hypoxic-ischaemic encephalopathy. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2010;95:F423–8.

216. Shah P, Anvekar A, McMichael J, Rao S. Outcomes of infants with Apgar score of zero at 10 min: the West Australian experience. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2015;100:F492–4.
217. Sproat T, Hearn R, Harigopal S. Outcome of babies with no detectable heart rate before 10 minutes of age, and the effect of gestation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2017;102:F262–5.
218. Shibasaki J, Mukai T, Tsuda K, et al. Outcomes related to 10–min Apgar scores of zero in Japan. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2020;105:64–8.
219. Patel H, Beeby PJ. Resuscitation beyond 10 minutes of term babies born without signs of life. *J Paediatr Child Health* 2004;40:136–8.
220. Socol ML, Garcia PM, Riter S. Depressed Apgar scores, acid–base status, and neurologic outcome. *Am J Obstet Gynecol* 1994;170:991–8; discussion 998–9.
221. Ayrapetyan M, Carola D, Lakshminrusimha S, Bhandari V, Aghai ZH. Infants Born to Mothers with Clinical Chorioamnionitis: A Cross–Sectional Survey on the Use of Early–Onset Sepsis Risk Calculator and Prolonged Use of Antibiotics. *Am J Perinatol* 2019;36:428–33.
222. Zhang SQ, Friedman H, Strand ML. Length of Resuscitation for Severely Depressed Newborns. *Am J Perinatol* 2020;37:933–8.
223. Ernst KD, Cline WL, Dannaway DC, et al. Weekly and consecutive day neonatal intubation training: comparable on a pediatrics clerkship. *Acad Med* 2014;89:505–10.
224. Mosley CM, Shaw BN. A longitudinal cohort study to investigate the retention of knowledge and skills following attendance on the Newborn Life support course. *Arch Dis Child* 2013;98:582–6.
225. Bender J, Kennally K, Shields R, Overly F. Does simulation booster impact retention of resuscitation procedural skills and teamwork? *J Perinatol* 2014;34:664–8.
226. Tabangin ME, Josyula S, Taylor KK, Vasquez JC, Kamath–Rayne BD. Resuscitation skills after Helping Babies Breathe training: a comparison of varying practice frequency and impact on retention of skills in different types of providers. *Int Health* 2018;10:163–71.

227. Mduma E, Ersdal H, Svensen E, Kidanto H, Auestad B, Perlman J. Frequent brief on-site simulation training and reduction in 24-h neonatal mortality—an educational intervention study. *Resuscitation* 2015;93:1–7.
228. Reisman J, Arlington L, Jensen L, Louis H, Suarez-Rebling D, Nelson BD. Newborn Resuscitation Training in Resource-Limited Settings: A Systematic Literature Review. *Pediatrics* 2016;138.
229. Breckwoldt J, Svensson J, Lingemann C, Gruber H. Does clinical teacher training always improve teaching effectiveness as opposed to no teacher training? A randomized controlled study. *BMC Med Educ* 2014;14:6.
230. Boerboom TB, Jaarsma D, Dolmans DH, Scherpbier AJ, Mastenbroek NJ, Van Beukelen P. Peer group reflection helps clinical teachers to critically reflect on their teaching. *Med Teach* 2011;33:e615–23.
231. Magee MJ, Farkouh-Karoleski C, Rosen TS. Improvement of Immediate Performance in Neonatal Resuscitation Through Rapid Cycle Deliberate Practice Training. *J Grad Med Educ* 2018;10:192–7.
232. Skåre C, Calisch TE, Saeter E, et al. Implementation and effectiveness of a video-based debriefing programme for neonatal resuscitation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2018;62:394–403.
233. Sauer CW, Boutin MA, Fatayerji AN, Proudfoot JA, Fatayerji NI, Golembeski DJ. Delivery Room Quality Improvement Project Improved Compliance with Best Practices for a Community NICU. *Sci Rep* 2016;6:37397.
234. Katheria A, Rich W, Finer N. Development of a strategic process using checklists to facilitate team preparation and improve communication during neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2013;84:1552–7.

제 2장

교육 및 실행

이미진¹, 신태용², 이창희³, 문준동⁴, 노상균⁵, 김찬웅⁶, 박효은⁷, 우선희⁸, 이승준⁹, 신승열¹⁰, 오영택¹¹, 임용수¹², 최재영¹, 차경철¹³, 김영민⁸, 박준동¹⁴, 김한석¹⁴, 나상훈¹⁵, 조규종¹⁶, 김애란¹⁷, 정성필¹⁸, 황성오¹³, 2020년 심폐소생술 가이드라인 교육 및 실행 위원회.

경북대학교 의과대학 응급의학교실¹, 아산충무병원 응급의료센터², 남서울대학교 응급구조학과³, 국립공주대학교 응급구조학과⁴, 선문대학교 응급구조학과⁵, 중앙대학교 의과대학 응급의학교실⁶, 서울대학교병원 강남센터 순환기내과⁷, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실⁸, 국립중앙의료원 중앙응급의료센터⁹, 인하대학교 의과대학 응급의학교실¹⁰, 서울대학교 의과대학 응급의학교실¹¹, 가천대학교 의과대학 응급의학교실¹², 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실¹³, 서울대학교 의과대학 소아과학교실¹⁴, 서울대학교 의과대학 내과학교실¹⁵, 한림대학교 의과대학 응급의학교실¹⁶, 울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실¹⁷, 연세대학교 의과대학 응급의학교실¹⁸,

I.

2020년 교육 및 실행 가이드라인 주요 변경 사항



2020년 심폐소생술 교육 및 실행 가이드라인은 전문소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술 교류위원회의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 심폐소생술 교육 및 실행 분야에서 발표한 연구논문을 추가로 고찰하였다.¹ 임상적 중요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하였으며, 메타분석 또는 주제 범위 고찰을 하였다

1. 근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C에 걸쳐 구분되었다(표 2 참조).² 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰 연구 또는 등록 체계로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰 연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰 연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다(표 3 참조).^{2,3} 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험보다 매우 큰 경우(대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우)이고, 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우)이며, 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만, 근거가 명확하지 않은 경우이다. 권고 등급 III(no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우)이고, 권고 등급 III(harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 큰 경우(해가 되는 경우)이다.

2. 2020년 심폐소생술 교육 및 실행 가이드라인의 주요 변경 사항

2020년 심폐소생술 교육 및 실행 가이드라인의 가장 큰 변화는 심폐소생술 교육 부분에 국한된 이전의 가이드라인에서 시스템 실행(system implementation)을 포함한 교육 및 실행 가이드라인으로 확대·개편된 것이다.⁴⁻⁶ 심폐소생술 교육과 심장정지 치료 체계의 구축이 강조되면서 2020년 심폐소생술 가이드라인에서 심장정지 생존 환경을 구축, 실현하기 위해 교육 가이드라인에 대한 개념이 확장되었다. 이에 따라 최근 기술발전을 이용한 비대면 심폐소생술 교육, 새로운 재교육 방법론, 지역사회 사회 관계망과 정보통신기술의 이용, 병원 내 심장정지 생존사슬에서 신속대응팀 운영 활성화, 응급의료인에 대한 전문소생술 교육 강화, 병원 전 단계와 응급의료체계에서 고려해야 할 소생술 중단 기준을 포함하여 지역사회에서 심장정지 체계의 적용과 실행을 위한 항목이 교육 및 실행 가이드라인에 반영되었다.⁵⁻⁷ 2020년 가이드라인에 추가 또는 변경된 주요 사항은 전문가 근거검토 16개 항목 중 10개였다.

1) 심폐소생술 교육에서 피드백장치의 사용 강화

2015년 이후 심폐소생술 교육에서 피드백 장비 사용을 권고하는 것에 대한 시뮬레이션 연구와 일부 임상연구를 근거로 하여 심폐소생술 술기 수행 능력을 향상시키기 위하여 가슴압박 속도, 깊이, 이완, 손의 위치를 직접 피드백하는 장비를 사용하도록 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R). 만약, 피드백 장비 사용이 불가능하다면 가슴압박 속도를 개선하기 위해 소리로 피드백을 하는 장비(예, 음악 또는 메트로놈)를 사용하는 것이 유용할 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준, B-NR).

2) 응급의료종사자의 심폐소생술 경험 및 치료 수행도 관리

심장정지 환자를 자주 치료하는 병원 내 의료종사자와는 달리 병원밖 심장정지 환자를 치료하는 구급대원을 포함한 현장 응급의료종사자는 심장정지 치료 상황에 상대적으로 적게 노출되므로, 응급의료체계 운영자는 병원밖 심장정지 환자의 효과적 치료를 위하여 1) 응급의료종사자의 소생술 경력과 노출 경험을 관리하고 2) 가능하면, 소생술 노출 경험의 부족 문제를 해결하기 위해 전략을 수립하거나, 소생술 팀 구성 시 최근 소생술에 관한 경험이 있는 경력자를 포함하여 운영할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

3) 전문소생술 교육 경험에 대한 관리

심장정지에 대한 노출빈도가 적은 부서에 근무하는 병원내 의료종사자를 고려하여 인증된 전문소생술 교육 시행에 대한 계획을 수립할 것을 제안한다. 병원내 심장정지 소생팀 구성 중 한 명 이상의 구성원이 승인된 전문소생술 교육에 참여하도록 하고, 심폐소생술 접점 부서에 근무하는 의료종사자에게 인증이나 보수 교육의 목적으로 기본심폐소생술뿐만 아니라 전문소생술 교육을 제공할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

4) 전문소생술 교육 운영과 시뮬레이션 장비에 대한 권고 조정

2020년 가이드라인에서는 전통적인 이론과 시뮬레이션 실습, 테스트를 통합 운영하여 2일 이상 운영하는 기존의 전문소생술 교육의 대면 교육시간을 줄이려는 복합교육방법(blended learning approach)의 하나로 이러닝(e-learning)을 제공할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

또한, 교육기관이나 교육 센터가 프로그램을 진행하고 유지하는 데에 필요한 제반 시설과 훈련된 인력을 보유하고 있을 때는 고충실도(고성능) 마네킹을 사용하는 것이 유용할 수 있다(권고 등급 Class IIa, 근거 수준 C-LD). 만약 고충실도(고성능) 마네킹 사용이 가능하지 않았을 때는 교육 목적을 달성하기 위한 표준 수준의 교육프로그램 운영에 적합한 저충실도(저성능) 마네킹의 사용을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

5) 비대면 교육 모듈의 사용

심장정지 상황의 특성상 자주 경험할 수 없고 상황을 대체하여 교육하기 어려운 점을 고려하여 응급 상황이나 현실 환경을 반영한 컴퓨터 인터페이스를 이용한 가상 현실과 놀이를 통해 게임화된 학습(예: 가상 및 증강 현실, 모니터를 시뮬레이션하는 태블릿 앱 등) 등을 제공할 수 있다. 기존 심폐소생술 교육프로그램에 보조적인 수단으로 가상 환자, 가상 현실, 증강 현실을 통한 교육을 시행해 볼 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD)

신종감염병이나 국가재난 상황 등 대면 실습교육이 불가능한 특수 상황에서는 기존 일반인 심폐소생술 교육과정의 지식/수행능력 전달과 평가에 가상 현실, 증강 현실, 웹 기반 언택트 플랫폼 등을 대체 수단으로 고려할 수 있다. 국내 상용화된 일부 소생술 교육 비대면 플랫폼과 국외 고빈도 교육 방법인 Resuscitation Quality Improvement(RQI) 프로그램 등도 일반인 비대면 소생술교육과 의료종사자 보수교육/재교육 학습방법으로 활용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

6) 새로운 심폐소생술 교육 또는 재교육 방법 모색

심폐소생술 관련 교육을 받는 교육생에게 한 번에 제공되는 전통적인 교육인 집중 학습("massed" learning) 대신에 일정 기간에 걸쳐 여러 차례 교육 또는 재교육을 받는 방법인 분산 학습("spaced" learning)을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

7) 심장정지 연관 시스템의 통합적 수행도 관리

2020년 가이드라인에서는 심장정지의 치료와 예방과 연관된 기관이나 지역사회 수행도를 높이기 위해 중점 지표를 설정하고 그에 따른 수행도 평가를 지속적으로 시행하도록 권고한다. 현재 국내 환경에서는 심장정지 질 관리와 평가, 목표 설정이나 분야를 결정하는 데에 병원밖 심장정지와 병원내 심장정지를 분리하여 관리하고 있으며, 연관 기관과 지역사회 의료자원 배분에도 차이가 있어 이를 통합 관리할 수 있는 사회적 장치에 대한 필요성을 강조했다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).

8) 병원내 심장정지 신속대응시스템 운영 활성화

조기 경고 점수(early warning score, EWS) 산정 시스템과 이를 이용한 병원 내 활성화 프로토콜 개발과 신속대응팀의 활동은 소아와 성인의 병원내 심장정지 발생을 예방할 수 있다. 병원내 심장정지 발생률과 사망률을 낮추기 위해 병원은 신속대응시스템(신속대응팀 또는 의료응급팀)을 운영하는 것이 효과적이다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

9) 병원밖 심장정지 신고와 신속 조치를 위한 정보통신기술의 활용

병원밖 심장정지로 추정되는 환자의 근처에 있는 사람 중 사전 동의한 사람에게 스마트폰의 위치 정

보와 문자 메시지(또는 소셜네트워크서비스)로 도움 요청 알림을 보내는 방법을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).

10) 병원 전 단계와 응급의료체계에서 소생 중단 기준의 적용 고려

2020년 가이드라인에서는 성인 심장 정지(병원밖, 병원내) 환자에 대한 심폐소생술 중단(termination of resuscitation: TOR) 기준으로서, 병원 전 단계에서 적용 가능한 기본소생술 중단 기준과 병원 단계에서 적용 가능한 전문소생술 중단 기준을 제시하였다. 따라서 현장에서 소생술을 중단할 것인지 또는 소생술을 지속하며 병원으로 이송할 것인지를 결정하는 데에 병원밖 소생술 중단 기준을 보조수단으로 사용할 수 있다(권고 등급 조건부 권장, 근거 수준 C-LD). 단, 소생술 중단이나 보류를 소생술 중단 기준만으로 결정해서는 안 되고 국내 의료법과 환경상 응급구조사가 단독으로 결정할 수 없으므로, 의료지도 의사가 판단하여 결정하는 방안을 고려하도록 했다.

II.

교육 및 실행



1. 심폐소생술 가이드라인 교육 및 실행 분야의 중재 역할

심장정지가 발생한 환경에 따라 생존을 결정하는 인자가 다르다. 병원밖 심장정지의 경우에는 목격자의 심폐소생술과 충격필요리듬에 대한 신속한 제세동이 생존을 결정하는 중요한 인자이며, 병원내 심장정지의 경우에는 병원밖 심장정지에서의 생존 결정 인자 외에도 심장정지 발생 가능성을 조기 인지하는 것이 중요한 인자가 된다. 최선의 소생술 교육이 무엇인지 결정하는 것은 심장정지 환자의 생존율을 높이기 위한 방법을 정하는 것이라 할 수 있다.

심폐소생술 교육은 무엇보다 일관된 형태의 교육을 보편적으로 진행하여 그 결과가 일반인이나 의료인들의 수행도로 나타도록 고안되어야 한다. 이를 위하여 심폐소생술 교육은 실제 상황과 유사한 교육을 시행해야 하고 전화 도움 심폐소생술처럼 현장에서 즉시 필요한 지원을 받을 수 있도록 훈련해야 한다. 의료인의 심폐소생술 교육은 심장정지 발생 위험이 큰 환자를 조기 인지하도록 하는 능력을 증진해야 하며 심폐소생술 수행도를 증진해 향후 실제 상황에서의 실행 능력을 극대화하기 위하여 지속적인 품질 증진 활동을 보장해야 한다. 간단히 말해서 심폐소생술 교육의 목표는 심장정지 환자가 현재 존재하는 가장 최선의 의학 지식을 기반으로 한 치료를 받을 수 있도록 하는 것이다. 생존사슬(chain of survival)은 심장정지 예방을 포함한 생존의 공식(formula of survival)으로 확대되었는데, 이는 심장정지 생존율을 높이려면 수준 높은 의학적 기반 외에도 일반인과 의료인들에 대한 효과적인 심폐소생술 교육이 필요하기 때문이다.^{7,8} 이 교육 가이드라인은 국제소생술 교류위원회에서 2020년에 검토한 17가지의 주요 교육 가이드라인을 기반으로 과학적 근거에 대한 합의 및 치료 권고 내용을 우리나라 실정에 맞도

록 수용 개작한 것이다. 이 가이드라인은 기본소생술은 물론 전문소생술을 포함한 교육 및 훈련에 대한 새로운 치료 권고를 포함하고 있다. 구조자가 심폐소생술을 반드시 ‘고품질’로 시행해야만 높은 소생 성공률을 얻을 수 있다. 심폐소생술을 시행 받은 심장정지 환자의 생존율은 심폐소생술 가이드라인의 근거가 되는 과학적 연구의 질적 수준, 심폐소생술 교육의 유효성 및 효율성 그리고 실제 현장에서 심폐소생술을 제공하는 인적, 물적 자원의 질과 규모에 의해 결정된다.

2. 2020년 심폐소생술 교육 및 실행 전략의 핵심 피라미드

교육 및 실행 가이드라인에서는 새로운 교육 방법과 기술적 발전을 바탕으로 재교육 시점에 대한 논란 대신 간략한 교육프로그램으로 나누어 자주 노출하는 분산 전략이 제시되었다. 감염병 유행 등 대면 실습교육이 불가능한 상황이나 지역적 접근성을 고려한 비대면 교육 플랫폼들이 개발되어 상품화되고 있다. 또한, 정확하고 신속한 심장정지 치료를 위해 심장정지 치료 경험이 상대적으로 부족한 응급의료인을 위한 전문소생술교육을 강조하였다.

심장정지 치료 시스템과 실행 관련 가이드라인에서는 병원내 심장정지 예방을 위한 신속대응시스템 운영을 제안하고 병원 전 단계 및 초기 적용할 수 있는 소생술 중단 모형을 개발하여 제시하였으며, 지역사회 심장정지 치료 환경의 통합 관리와 지역사회 심장정지 데이터 모니터링 전략 등을 제안하였다. 심장정지 생존율 향상을 위한 교육 및 실행 전략의 핵심 피라미드는 아래와 같다(그림 52).

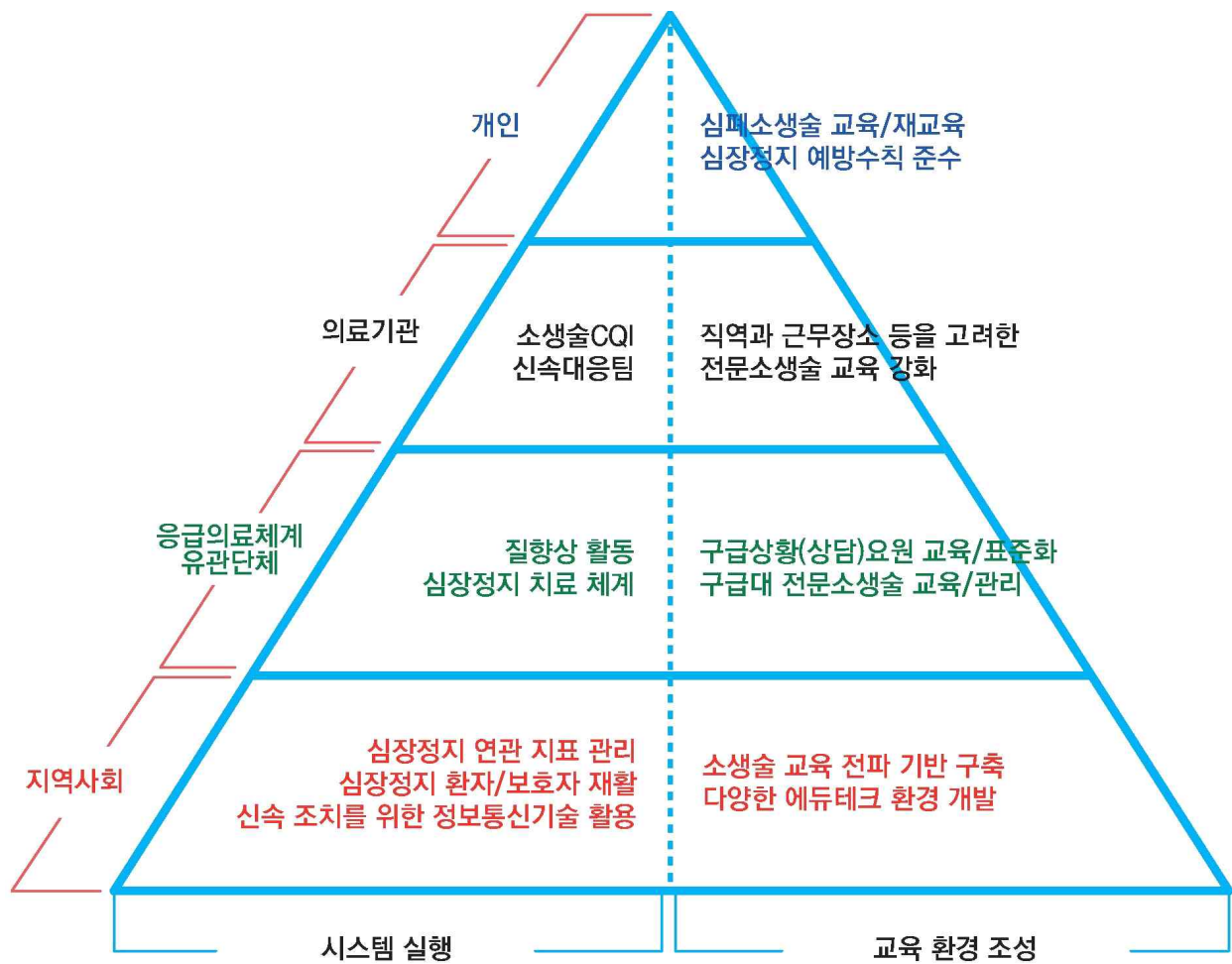


그림 52. 심장정지 생존을 향상을 위한 교육 및 실행 전략의 핵심 피라미드

* CQI, continuous quality improvement

3. 생존을 향상을 위한 교육 핵심 전략

1) 새로운 심폐소생술 교육 방법의 대두

기존 강사 주도 실습 교육과 동영상을 보고 따라(practice while watch, PWW) 하는 심폐소생술 교육 프로그램이 교육 방법이 주류인 현재 상황에서 최신 기술과 비대면 교육 모듈의 대두는 시사하는 점이

매우 크다. 심장정지는 매우 드물게 경험하는 긴박한 상황이며 응급처치를 반드시 시행해야 한다는 점에서 심장정지 상황에 대한 간접 경험을 제공할 수 있는 비대면 콘텐츠는 심폐소생술 교육의 보조수단이 될 수 있다. 또한, 신종감염병 유행(코로나19 등)으로 대면 교육이 불가능한 상황에서도 비대면 교육 콘텐츠는 적합한 교육 대안이 될 수 있다.

기존 심폐소생술 교육프로그램에 대한 보조 수단으로 가상 환자, 가상 현실, 증강 현실을 사용하는 교육을 시행해 볼 수 있다. 스마트폰, 태블릿 등을 사용하여 앱과 소셜 미디어, 피드백장치를 통한 심폐소생술 학습을 지원할 수 있고 이러한 학습 양식은 강사 없이 진행하거나 강사가 참여하는 형식이 모두 가능하다.⁹⁻¹² 인터넷의 유비쿼터스 가용성으로 인해 의료 콘텐츠에 대한 액세스가 그 어느 때보다 쉬워졌고, 가상 학습 환경(virtual learning environment, VLE)으로 의학 교육 지원이 가능해졌다. 게임화된 학습(예: 가상 및 증강 현실, 모니터를 시뮬레이션하는 태블릿 앱 등)은 동시에 많은 학습자를 참여시킬 수 있다. 가상 학습 환경은 혼합 학습 접근 방식의 일부로 사전 과정 이러닝(e-learning)에 사용하거나 모든 수준의 심폐소생술 과정에 대해 시간과 장소와 관계없이 학습하는 자가 학습 옵션에 사용하도록 하는 것이 좋다.

근거 기반의 수업 설계 디자인과 교육 방법 이론에서 고안된 다양한 제안으로 수업 설계 형태와 자가 학습의 수업 설계도 중요한 고려 사항이 되었고, 교육 촉진을 위해 전통적인 집중 학습(massed learning) 모형에 분산 교육(spaced learning, 예를 들어 간단하게 축약된 재교육 세션의 운영, 틈틈이 배우는 학습 모형 등)이 심폐소생술 술기 유지를 위해 재교육 방법으로 추가되었다.

일반인의 경우 심폐소생술을 수행할 의지와 능력을 향상하기 위해 전통적인 강사가 지도하고 실습을 진행하는 강사 주도(Instructor-led learning) 학습 방법과 더불어 사전 교육 방법이나 자가 학습도 강조되고 있다. 이러닝 콘텐츠를 활용하여 강사 주도 실습이나 시뮬레이션 교육 참여 전 사전 교육과 이론 테스트를 진행한 후 현장에서 시뮬레이션 교육과 평가만을 진행하는 혼합 형태의 학습 방법(blended

learning)도 중간 단계로 운영하는 것을 고려한다.

2) 응급의료종사자의 심폐소생술 경험 및 치료 수행도 관리

지역사회와 응급의료체계는 유기적이고 통합적으로 응급의료종사자가 심장정지 환자를 치료하는 상황에 얼마나 노출되고 치료에 투입되었는지를 모니터링해야 한다. 응급의료제공자들은 각기 경험이 다르므로 추가 교육이나 보수 교육 등을 통하여 응급의료제공자가 지속적으로 심장정지 치료에 참여할 수 있는 수준을 유지하도록 교육의 기회를 제공해야 한다. 이를 위해 모든 응급의료종사자와 의료인은 기본소생술뿐만 아니라 성인 전문소생술 과정 혹은 그와 동등한 수준의 교육과정을 이수해야 한다.

심장정지 환자를 자주 치료하는 병원 내의 의료종사자와는 달리, 병원밖 심장정지 환자를 치료하는 구급대원을 포함한 현장 응급의료종사자는 상대적으로 심장정지 상황에 대한 노출빈도가 낮다. 병원밖 심장정지 상황에 노출 경험이 적거나 심폐소생술 경험이 적은 응급의료종사자가 심폐소생술을 하는 경우에 생존율에 영향을 미친다.¹³ 따라서 응급의료체계 운영자는 병원밖 심장정지 환자의 효과적인 치료를 위하여 1) 응급의료종사자의 소생술 경력과 노출 경험을 관리하고 2) 가능하면, 소생술 노출 경험의 부족 문제를 해결하기 위해 전략을 수립하거나, 3) 소생술 팀 구성 시 최근 소생술에 관한 경험이 있는 경력자를 포함하여 운영한다.

병원 내 심폐소생술 팀 중 전문소생술 교육을 받은 구성원이 포함된 팀이나 전문소생술 가이드라인에 부합한 소생술 교육을 받은 팀들에게 심폐소생술을 받은 경우 생존율이 높아진다.^{14,15} 2020년 가이드라인에서는 병원내 의료종사자에게 직역과 근무 부서에 적합한 단계의 심폐소생술을 교육받도록 권고하고, 이에 대한 질 관리를 하도록 한다. 원내 심폐소생술 팀에 소속된 의료종사자는 인증된 전문소생술 교육과정을 이수하도록 권고했다.

3) 지역사회 시스템 실행 및 강화 전략

(1) 구급상황(상담)요원의 중재 역할 강화

심장정지 발생 초기에 효과적인 목격자 소생술이 현장에서 즉각적으로 시행되는 것은 생존사슬의 시작이자 가장 중요한 구성요소이다.¹⁶ 하지만, 목격자 심폐소생술 시행률은 소생술 교육률이나 인지도를 고려할 때, 여전히 낮다. 응급상황을 겪고 있는 현장의 일반인과 응급의료체계의 활성화를 연결해주는 구급상황(상담)요원의 공공 안전에 대한 역할은 병원밖 심장정지 생존사슬에서 중요한 연결고리에 해당한다. 구급상황(상담)요원 지시에 따라 목격자가 하는 심폐소생술(전화 도움 소생술, telephone-assisted CPR 또는 dispatcher-assisted CPR이라고도 함)은 성인 병원밖 심장정지 환자에 대한 목격자 소생술 시행 비율을 높인다. 전화 도움 소생술의 효과를 극대화하기 위해 상황실 구급상황(상담)요원의 신고 접수, 소생술 지도 지침과 상담 질문지, 스크립트 등을 개발하여 적극적으로 활용하고, 정확한 피드백을 위해 통화 지시사항을 평가하여 품질개선의 노력을 해야 한다.^{17,18}

(2) 병원밖 심장정지 신고와 신속 조치를 위한 정보통신기술의 활용

심장정지 인지, 신속한 신고, 목격자 심폐소생술을 위한 대국민 심폐소생술 교육과 심폐소생술 인식 캠페인, 가슴압박소생술 홍보 등을 통해 심폐소생술을 제공하려는 의지와 자신감을 향상시킬 수 있다. 병원밖 심장정지로 추정되는 환자의 근처에 있는 사람 중 사전 동의한 사람에게 스마트폰의 위치 정보와 문자메시지(소셜네트워크서비스, social network service)로 도움 요청 알람을 보내는 방법 등도 활용할 수 있다. 이때 일반 시민들의 스마트폰의 위치 정보와 문자메시지 발송에 대한 개인정보 보호조치 등의 법적 제약도 고려한다.

(3) 병원내 심장정지를 위한 신속대응시스템 운영 활성화

조기 경고 점수 산정 시스템과 병원 내 활성화 프로토콜을 이용한 신속대응시스템의 활동은 소아와 성인 병원내 심장정지 발생을 모두 예방할 수 있다.^{19,20} 하지만, 병원내 심장정지 환자의 기저질환과 입원 치료의 복잡성으로 인해 어떠한 시스템이나 구성요소, 인자가 생존율을 향상시켰는지에 대한 직접적인 인과관계를 밝히기에는 근거 수준이 높지 않다.

(4) 응급의료체계에서 소생술 중단 기준의 고려

심장정지 환자의 생존 예후를 향상시키는 연구 외에도 지역사회 응급의료체계 가용 자원의 효율적인 배치와 활용, 불필요한 병원 이송을 줄이고자 하는 목적으로 심장정지(병원밖, 병원내) 환자에게 심폐소생술 중단 및 종료(termination of resuscitation: TOR) 기준을 적용하는 연구가 추가되었다. 무익한 소생술은 병원밖 심장정지에 대한 감염의 전파 위험으로도 이어질 수 있다.

심폐소생술 종료 기준은 적용 단계에 따라 병원 도착 전에 적용 가능한 기본소생술 중단 기준과 병원 단계에서 적용 가능한 전문소생술 중단 기준이 개발되어 있다. 현장에서 소생술을 중단할 것인지 또는 소생술을 지속하며 병원으로 이송할 것인지를 결정할 때에 보조적 수단으로 병원 밖 소생술 중단 기준을 사용할 수 있다. 단, 소생술 중단이나 보류는 국내 의료법과 환경상 응급구조사가 소생술 중단 기준만으로 단독으로 결정할 수 없으므로, 의료지도 의사가 판단하여 최종적으로 결정하는 방안을 고려하도록 한다.

4. 심폐소생술 교육 목표와 원칙

1) 핵심 권장 사항

(1) 학습목표설정

심폐소생술 교육의 학습 목표는 심폐소생술 교육을 받은 후 교육생들이 실제 심장정지 환자에게 곧바로 올바르게 적용할 수 있는 지식과 술기를 확실하게 얻고, 그 지식과 술기를 상당 기간 유지하도록 설정해야 한다. 전체 교육 과정은 이 학습 목표를 효과적으로 달성하도록 구성되어야 한다.

(2) 보면서 따라 하기 형식

심폐소생술 강사의 수행도 및 숙련도에 의해 교육의 내용이 변경되는 부작용을 최소화하기 위해, 동영상이나 컴퓨터 기반의 학습 프로그램을 통해 강사의 교육과정 개입을 최소화하거나 전혀 없이(자가 학습) 심폐소생술의 지식과 술기를 습득할 수 있는 형식을 만드는 것을 권장한다. 특히 기본소생술(심폐소생술과 자동제세동기 사용법) 과정에서는 보면서 따라 하기가 필수적이다.

(3) 술기 체득중심

지식 전달도 필요하지만, 가능하면 직접 반복적으로 술기를 연습하여 술기를 체득하도록 교육시간 대부분을 할애해야 한다. 교육 후 따로 술기를 연습하지 않아도 교육시간만으로 심폐소생술 술기를 익숙하게 수행하도록 하는 것이 목표이다. 불필요한 강의식 교육은 최소화한다.

(4) 심폐소생술 교육

심폐소생술 교육의 목적은 교육생이 심장정지 환자를 목격할 경우 이를 신속하게 인지하여 심폐소생

술과 제세동을 할 수 있도록 하는 것이다. 특히 병원밖 심장정지 생존사슬에서 처음 목격한 일반인 구조자의 역할은 매우 중요하다. 우리나라에서 일반인 목격자에 의한 심폐소생술 시행률 및 자동제세동기 적용률은 아직 낮은 실정이며, 이런 결과는 우리나라 병원밖 심장정지 환자의 낮은 생존율로 이어지고 있다.

가슴압박소생술 교육은 인공호흡을 함께 실시하는 심폐소생술에 비해 단순하여 일반인 구조자의 심폐소생술 시행 의지와 목격자 심폐소생술 시행률을 높일 수 있으므로 지역사회 일반인을 대상으로 한 성인 심폐소생술 교육으로 인공호흡을 제외한 가슴압박소생술 교육을 시행할 것을 권장한다. 그러나 소아 심장정지, 익수 등의 비심인성 심장정지, 심장정지 발생 후 시간이 경과된 경우 등에서는 인공호흡이 필수적이다. 따라서 다른 사람의 안전을 담당하는 일차 반응자나 보건의료인 대상 심폐소생술 교육에는 인공호흡을 포함한 심폐소생술을 교육한다.

(5) 대중 교육과 재교육 주기, 분산학습이론

일반인과 심폐소생술을 자주 경험하지 않는 의료인들은 기본소생술 과정과 전문소생술 과정을 이수한 후 3~6개월이 경과하면 습득했던 지식과 술기를 급격하게 잊게 된다.²¹ 심폐소생술 관련 지식과 수행능력을 유지하기 위해 도움이 필요한 경우에 온라인(on-line) 자가 학습 프로그램 또는 동영상 교육 등의 편리한 방법을 통해서 길어도 6개월 간격으로 재교육이나 재평가를 받도록 권장한다.²² 2년 주기의 기본 및 전문소생술 자격 갱신이 적절하지 않음을 보여주는 근거가 계속 제시되고 있지만, 과학적 근거가 부족하므로, 최적의 재훈련 기간은 변경하지 않았다.

(6) 측정 가능한 술기 평가 도구 활용

연습 및 평가단계에서 심폐소생술의 가슴압박 횟수와 깊이, 그리고 완전 이완 정도를 수치로 측정하여 술기 숙련도를 감시하고 피드백해 줄 수 있는 안내 장치 또는 측정장치를 활용하는 것을 적극적으로

권장한다. 피드백장치가 없는 경우 청각적 안내 방법(메트로놈, 음악)을 사용할 것을 제안한다.²³⁻²⁵

(7) 비기술적 술기(non-technical skills, NTS) 교육 강화

심폐소생술을 실제 시행하는 상황에서 1인 구조자보다는 2인 구조자 이상이 참여하는 경우가 대부분임을 고려할 때, 심폐소생술 팀의 팀워크 유지, 팀 내 활동들을 조율하는 지도력, 팀 사이의 환자 인계 등 심폐소생술 결과에 큰 영향을 미치는 비기술적 술기들에 대한 교육이 필수적으로 포함되어야 한다.

(8) 전문소생술 교육에서 사전 학습과 온라인 교육 활용

전문소생술 교육 진행에서 사전 교육의 효과는 제세동 시간과 증상이 있는 서맥의 인공심장박동조율 시작시각을 단축하고, 지식 평가(MCQ test score) 점수를 향상시키지만,^{26,27} 교육 종료와 1년 후의 술기 수행도, 실제 소생술 동안 술기의 질, 심장정지 환자 생존율 등의 치료 결과를 평가한 근거는 아직 부족하다. 다만, 다양하고 복잡한 전문소생술 교육 장비와 사전 혹은 교육 중 학습자료와 시뮬레이터의 권장 사항에 대해 2010년부터 가이드라인이 개정되었다. 2020년 가이드라인에서는 전통적인 이론과 시뮬레이션 실습, 테스트를 통합하여 2일 이상 운영하는 전문소생술 대면 교육시간을 줄이기 위해 복합교육방법(blended learning)의 하나로 이러닝을 제공하도록 하고 있다. 온라인 학습자료를 사전교육자료로 이용하는 방법에 대해서는 특히 전문소생술 교육을 받는 학생에게 교육 전 사전준비를 권고한다.

(9) 사후 토의(debriefing) 및 토론식 전달 방식

사후 토의는 시뮬레이션 교육과정이 끝난 후 2명 이상의 팀원들이 모여 교육 내용에 대한 성찰, 토론 및 피드백을 통하여 교육 경험을 의미 있게 구조화하는 것을 의미한다. 소생술 교육에 적용된 사후 토의의 효과는 병원내 의료인 소생술교육과 병원밖 구급대 교육에서 단기 생존율을 향상시킨다.^{28,29} 이러한 점을 고려할 때 사후 토의 단계가 모든 심폐소생술 교육과정에 필수적으로 포함되어야 하며, 실제로

심폐소생술을 경험한 후에도 사후 토의를 하는 것을 권장한다. 그러나 실제 심폐소생술 후 매년 사후 토의를 하는 것은 큰 비용과 시간이 소요되는 일이므로 환자의 생존에 어떤 영향을 주는지와 관련된 구체적인 근거가 마련되어야 한다. 국제소생술 교류위원회에서는 성인과 소아의 병원내 및 병원밖 심장정지 시 구조자의 사후 토의를 권고하고, 수행능력을 평가할 수 있는 객관적 지표들을 제시하여 표준화된 사후 토의 교육을 시행하도록 하고 있다. 심폐소생술 교육과정의 단계별 완료 또는 전체 과정 종료 시점에서 사후 토의, 질의응답, 및 토론을 통한 내용 정리는 개인과 팀의 심폐소생술 수행능력을 향상시키는 효과가 크므로 적극적으로 권장한다.

(10) 평가 시험과 과정 후 평가의 의미

현재 운용되는 심폐소생술 교육과정들을 살펴보면, 평가 시험이 필수 요소인 과정도 있고 선택 요소인 과정도 있다. 교육과정 중에 평가 시험을 시행하는 것은 습득된 술기 수행능력을 더 효과적으로 습득하게 하고 더 오래 유지하게 하는 효과가 있다.³⁰ 즉 평가 시험은 단순한 수준 평가가 아니라 상당한 교육 효과를 가진 교육 방법의 핵심적 요소로 간주해야 한다. 평가 시험에는 지식을 평가하는 필기시험과 술기를 평가하는 실기 시험이 있는데, 필기시험 점수와 술기 수행도 평가 점수와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 따라서 술기 체득이 더 중요한 심폐소생술 교육과정들에서, 실기 시험이 제외된 필기 시험만을 사용하여 교육생의 수행도를 평가해서는 안 된다. 심폐소생술 교육과정에 참여한 교육생의 교육 효과를 평가할 때, 지식의 양이 아닌 술기 수행능력을 중요한 평가의 기준으로 삼아야 한다.

(11) 실제 심장정지 환자 증례 활용

교육에 대한 동기 부여 및 효과 증대를 위하여 실제로 발생했던 심장정지 증례들을 활용하여 교육할 것을 권장한다. 가능하면 교육 환경도 실제 상황과 유사하게 만들면 교육 효과가 더 증대된다. 또한, 심폐소생술 교육에 관한 연구도 마네킹을 활용한 연구뿐만 아니라 실제 환자들에 대한 교육의 영향과 같

은 연구들을 더욱 장려할 필요가 있다.

(12) 인지 도움(cognitive aids) 교재의 활용 방안

교육 전달 수단의 하나인 인지 도움 교재는 기대하는 행동, 의사결정 그리고 결과의 가능성을 높이기 위해 숙지하고 있는 지침이나 기억된 정보를 신속히 떠올릴 수 있게 하는 게시물의 하나이다. 흔히 대조표, 애플리케이션, 영상 클립, 그림 형태 등 다양하며, 소생술교육과 심장정지 처치 구조자들에게 필요한 정보를 주는 용도로도 사용된다. 인지 도움 교재의 사용이 심장정지 환자의 생존율에 직접적인 영향을 미치는지에 대한 연구는 아직 부족하다. 다만 심폐소생술 교육에서 인지 도움 수단이 교육 후 가슴 압박의 속도, 깊이, 중단시간의 비율에 미치는 영향을 증명하지는 못했으나 정확한 인공호흡 비율에서 유의한 차이를 보이는 연구도 있었고,³¹ 심장정지가 아닌 외상 환자의 치료 과정에서 알고리즘 수행의 완성도가 높아지고 영상검사 시행까지 걸린 시간이 단축되었다.^{32,33} 외상 환자의 소생술에 참여하는 의료진이나 의료진 대상 병원 내 심폐소생술 교육에는 활용 사례들이 보고되고 있어 사용을 고려해 볼 수 있다. 병원 내 의료인 대상의 교육에 적용된 사례도 있으나 일괄적으로 의료 현장에 적용하기는 어렵다.

34,35

2) 심폐소생술 수행 의지를 높이기 위한 교육 원칙

심폐소생술 수행 의지에 나쁜 영향을 주는 여러 가지 장벽들이 있다. 이러한 장벽은 대부분 교육을 통해 극복할 수 있다. 또한, 심폐소생술 교육과정들은 교육생들이 이런 장벽들을 극복하게 만드는 방향으로 계획되고 수행되어야 한다.³⁶

(1) 목격자 심폐소생술 장애 요인 극복 교육 전략

(가) 낮은 목격자 심폐소생술 시행률

심장정지 환자의 생존 예후를 향상하는 데에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 심장정지 발생 후 첫 1~3분 안에 얼마나 빨리, 얼마나 고품질의 심폐소생술이 제공되는가에 달려있다.³⁷ 병원밖 심장정지 환자를 목격한 일반인이 심폐소생술을 시행하는 경우는 2008년 1.9%에서 2014년 12.9%, 2016년 16.8%에서 2018년 23.5%로 증가 추세이지만(급성심장정지조사 통계, 질병관리본부, 2019), 선진국 통계치인 39~43.6%에 비하면 낮은 수준이다.³⁷⁻³⁹

(나) 심폐소생술 시행 장벽과 극복 전략

긴급 상황에 부딪친 환자를 목격한 일반인들이 심폐소생술 및 응급처치를 시도하는 것을 주저하게 만드는 주요인은 환자에게 오히려 위해를 가하지 않을까 하는 두려움, 자신이 제대로 잘 하지 못할 것 같은 소심함, 그리고 그에 따르는 법적 책임 추궁 가능성, 신체 접촉에 의한 감염의 위험성 등에 대한 우려 때문이다. 심장정지 상황을 목격해도 심폐소생술을 시행하지 않는 이유는 ‘잘못된 경우의 책임소재(70.3%)’, ‘심폐소생술 술기를 모름(38.7%)’, ‘인공호흡(입술 접촉)에 대한 거부감(30.6%)’, ‘질병 전파의 우려(15.3%)’ 등이다.⁴⁰⁻⁴² 실제 심장정지가 아닌 상황에서 심폐소생술을 받았을 때 발생 가능한 위해나 합병증은 심장정지 환자에게 해를 입힐까 하는 두려움과 소생술 시행의 저해요인으로 작용할 수 있다. 하지만, 현재까지 주요 근거 문헌 고찰 연구의 통합 데이터에서 횡문근융해증의 발생률은 0.3%(1건)였고, 골절(갈비뼈 및 쇄골)이 1.7%(95% CI, 0.4-3.1 %), 가슴압박 부위의 통증이 8.7%(95% CI, 5.7-11.7%)에서 발생하였고, 다른 중증 장기손상에 대한 직접 연관성 있는 보고는 없다.⁴³⁻⁴⁶

가장 다수를 차지한 ‘잘못된 경우의 책임소재’에 대한 우려는 2008년부터 시행되고 있는 ‘응급의료에 관한 법률’ 제5조 2항(선의료의 응급의료에 대한 면책), 즉 소위 ‘선한 사마리아인 법률’에 의해 법률적

보호 장치가 마련되어 있다.⁴⁷ 그러나 아직 이 법률에 대한 홍보가 부족하여 책임의 문제가 실제로는 심폐소생술 제공의 장벽으로 작용하고 있다. 효과적인 교육과 홍보를 통해 이 장벽을 극복해야 한다.

심장정지에 대한 대처 요령을 구급상황(상담)요원에게 전화로 전달받은 실제 목격자 중 지시를 제대로 이행하지 못하거나 환자를 다치게 할까 두렵다고 호소하는 이들이 많다.^{48,49} 신체적 제약을 호소하거나, 응급의료 전화상담원의 지시를 듣고도 따라 하지 못하거나, 또는 전화 연결을 제대로 유지하지 못하는 등의 공황상태 및 극심한 스트레스 상황에 빠지는 것이 심폐소생술 시행의 실패 원인이 된다.⁵⁰ 공황상태는 목격자의 심폐소생술 수행능력을 현저히 약화시키거나 완전히 무력화하므로 심폐소생술 교육과정 중에 교육생들에게 공황상태의 발생 가능성 및 그 영향에 대해서 알리고 실습 과정에서 여러 번의 반복 실습 또는 상황 시뮬레이션을 통해 공황상태를 극복할 수 있게 한다.

많은 사람이 심폐소생술 과정에서 체액의 접촉을 통한 감염을 걱정하고 있지만, 심폐소생술 교육과정 또는 실제 심폐소생술 시행과정에서 환자로부터 감염병을 얻는 일은 극히 드물다. 따라서 감염병에 대한 우려 때문에 심폐소생술 시행을 지연해서는 안 된다는 사실을 심폐소생술 교육 중에 효과적으로 강조하여 전달할 필요가 있다. 그래도 입과 입을 마주 대는 인공호흡이 꺼려지거나 심폐소생술을 제대로 할 수 없는 경우에는 ‘가슴압박 소생술’이라도 할 수 있음을 강조함으로써 감염병의 우려 때문에 심폐소생술이 지연되거나 거부되는 경우를 최소화해야 한다. 하지만 병원 안에서 발생한 심장정지 환자이거나 전문적으로 자주 심폐소생술을 시행해야 하는 구조자는 인공호흡용 보호 비닐 및 포켓 마스크 등의 개인 보호 장구를 사용하도록 교육해야 한다.

심폐소생술 교육을 반복하여 받았거나 최근에 받을수록 심장정지 환자를 만난 상황에서 소생술을 시도하려는 의지가 더 높다는 조사 결과에 근거할 때, 온라인 동영상 교육을 통한 자가 학습을 자주 반복하게 하는 것이 장벽을 극복하는 방법이 될 수 있다.

(2) 심장정지를 신속하게 인지하는 교육

갑자기 쓰러진 사람이 심장정지가 발생하였다는 것을 인지하는 단계가 심폐소생술 시작의 첫 단계인데, 이 단계가 지연되는 일이 종종 발생한다. 일반적으로 신체의 움직임이 없고, 자극에 대한 반응이 없으며, 호흡도 정지된(구조자가 의료인이면 여기에 더하여 목동맥 맥박도 확인되지 않는) 상태의 환자를 심장정지 환자로 인지하도록 교육한다. 이것에 더하여 ‘심장정지 호흡’(=빈사 호흡, 임종 호흡, 혈떡이는 호흡)과 짧게 지속되는 경련까지 심장정지 상태로 인지하도록 권장한다. 심장정지 초기의 환자에서 호흡 운동이 완전히 없어지기 전에 나타나는 호흡 양상을 일반인들은 다음과 같이 표현하고 있다:

- ① 매우 느리게 가끔 혈떡이는 호흡
- ② 불규칙한 혈떡임
- ③ 숨쉬기 어려워 보임
- ④ 한숨을 쉬는 듯한 호흡
- ⑤ 푼깍푼깍하는 소리
- ⑥ 신음
- ⑦ 거친 콧숨

‘심장정지 호흡’의 문제점은 이것을 호흡하는 상태로 오인하여 환자가 심장정지가 아닌 것으로 판단하고 심폐소생술을 시작해야 할 대상자에서 제외하거나 결국 심장정지 인지가 지연되어 ‘심장정지 호흡’이 소실된 후에야 심폐소생술을 시작하게 될 수 있다는 점이다. 환자가 쓰러지는 것을 목격하였거나 쓰러진 상태로 발견하였는데 환자가 호흡 운동을 제외한 다른 신체 움직임은 없고 자극에 대한 반응도 없지만, 아직도 ‘심장정지 호흡’을 하고 있을 때, 즉각적인 심폐소생술을 시작하면 ‘심장정지 호흡’조차 없는 환자들보다 더 높은 생존율과 생존 품질을 얻을 수 있다.⁵¹ 따라서 심폐소생술 교육, 특히 일반인을 대상으로 하는 기본소생술 과정에서는 교육생들이 ‘심장정지 호흡’을 비정상적 호흡 상태로 인지할 수 있

도록게 알려주는 내용을 반드시 포함해야 한다.

심장정지가 발생한 직후 뇌가 허혈 상태로 빠지면서 5~10초 이내의 짧은 시간 동안 전신적 또는 국소적 근육 경련이 동반될 수 있다. 이런 형태로 짧게 지속되는 근육 경련을 간질 발작과 혼동하여 심폐소생술의 대상이 아니라고 착각할 수 있다. 환자가 쓰러지면서 경련을 하지만 경련이 짧게 끝나고 환자가 자극에 반응하지 않는 상태로 되었다면 심장정지의 가능성을 고려하여 즉시 심폐소생술을 시작하도록 교육해야 한다.

(3) 구조자를 위한 신체적 및 정신적 배려에 대한 교육

고품질의 가슴압박을 연속적으로 시행하는 것은 체력적으로 무리가 될 수 있으며, 근골격계에 과도한 부담을 유발할 수 있다. 심폐소생술 제공자에게 발생하는 손상은 주로 팔과 어깨를 중심으로 하는 근골격계 손상들이 다수를 차지하며, 그 밖에 기저질환의 악화, (개흉술을 받았던 환자의 경우) 복장뼈 봉합철선에 의한 손바닥 찢림, 손목 신경 손상, 기흉, 심근경색 발생, 그리고 심한 숨참 등이 보고되었다. 따라서 심폐소생술 교육 참가자들에게는 술기 실습 동안에 강도 높은 신체적 활동이 수반될 수도 있다는 것을 미리 알려 줘야 한다.

심폐소생술에 관련한 지식과 술기를 습득하는 과정은 대부분 교육생에게 긍정적인 경험으로 인식된다. 그러나 교육과정이 아니라 실제로 심장정지를 직접 목격하고 실제 환자에게 심폐소생술을 시도하는 것은 매우 큰 심리적 부담이 될 수 있다. 상당한 비율의 사람들은 심리적 충격으로 공황상태에 빠지기도 한다.⁵² 또한, 그 후에 외상 후 스트레스 장애(post-traumatic stress disorder: PTSD)에 빠질 수도 있다. 따라서 교육과정에서 이런 가능성에 대해서 미리 알려야 하며, 심폐소생술에 참여한 후 부정적인 심리적 효과가 발생할 때 그것을 인지하는 방법과 전문적 심리적 지지요법의 필요성에 관해 설명해야 한다.

(4) 자동제세동기 부착률을 높이기 위한 전략

우리나라 급성 심장정지는 해마다 급증하고 있어 인구 10만 명당 36명에서 45명으로 연간 3만 명에 이르고 있다. 특히, 소생 후 예후가 좋은 것으로 알려진 조기 제세동이 필요한 리듬은 2011년 4.1%에서 2015년 6.3%, 2016년 7.6%로 연간 2200명이 발생하지만, 이들 중 병원 전 단계에서 일반인에 의해 자동심장충격기가 사용된 비율은 1% 정도이다. 일반인 구조자는 자동제세동기 사용에 대하여 전기충격을 가하는 위험으로 생각하거나 복잡한 전문의료 장비로 인식하여 사용법이 어렵다고 생각할 수 있다. 그러나 자동제세동기는 사용자나 환자 모두에게 안전하고 부작용은 매우 드물며, 사용법이 아주 단순하다. 사용자의 잘못으로 불필요한 제세동이 시행될 가능성은 극히 낮으며, 아주 짧은 사용법 교육을 시행하면 대부분 일반인은 쉽고 올바르게 사용할 수 있다.⁵³

2007년 응급의료에 관한 법률이 개정되면서 수많은 공공시설과 공동주택, 다중이용시설에 자동심장충격기 설치가 의무화되고, 선의의 응급처치로 인한 손해에 대해 면책 조항이 만들어져 일반인 자동제세동기 사용과 관련된 법적 환경은 마련되었다. 또한, 자동제세동기 보급 확대 정책에 따라 자동제세동기 설치 대수도 2012년에 인구 1만 명당 1.29대에서 2017년 6.11대로 늘었고, 교육 비율에서도 2012년부터 대한심폐소생협회와 질병관리본부, 보건복지부 공동으로 일반인 심폐소생술 표준프로그램 교육 내용에 자동제세동기를 포함하여 운영하였고, 2015년부터는 자동제세동기 실습교육도 강화하면서 2007년 0.5%, 2011년 8%였던 자동제세동기 교육률이 2015년 24.5%, 2017년에는 33.2%로 증가하였다(그림 53).⁴⁷

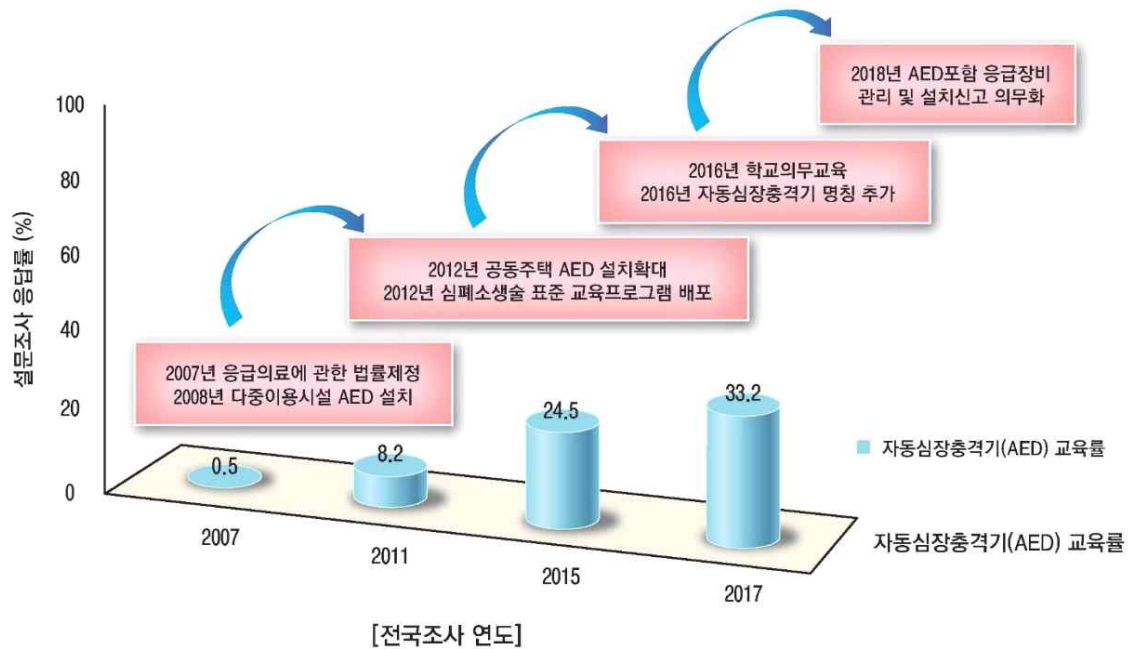


그림 53. 국내 자동심장충격기 교육 분율 및 연관 법규 변화

하지만, 2015년, 2017년에 시행한 전국 심폐소생술 및 자동심장충격기 교육 및 인지도 조사 결과 낮은 일반인 제세동 비율 원인은 (1) 기계 사용에 대한 자신감 결여와 사용법 미숙함, (2) 실제 심장정지가 발생해도 어디에 있는지 몰라서 가져오지 못하는 문제점, (3) 잘못 사용했을 때의 두려움 순이었다 (그림 54).

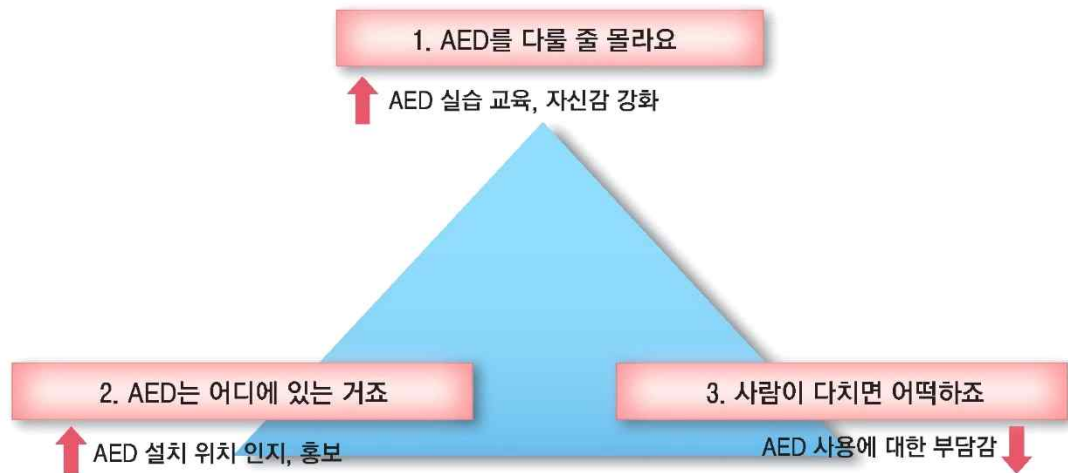


그림 54. 일반인 자동제세동기 사용률 향상을 위한 삼각 전략

이러한 문제점들을 극복하기 위해 첫째, 자동제세동기 사용에 대한 일반인들의 낮은 자신감을 해소하기 위해 자동제세동기 홍보를 강화하고, 현장에서 사용할 수 있도록 개별 실습교육 또한 강화되어야 한다. 둘째, 직장이나 집 주변 어느 곳에 자동제세동기가 있는지 평소에 관심을 두고 정확한 위치를 알고 있도록 한다. 자동제세동기 사용에 자신감이 있고 현장에서 적용하고자 하는 의향이 있더라도 자동제세동기가 어디에 있는지 몰라서 가져오지 못한다면 이 또한 장애가 된다. 평소 지하철이나 공공장소, 인터넷, 휴대전화 애플리케이션 등을 통해 자동제세동기 위치 찾기를 홍보하는 방안도 필요하다. 마지막으로 자동제세동기를 잘못 사용해서 해를 끼칠 수 있다는 두려움을 감소시키기 위해 선의의 응급처치에 대한 면책 조항을 대대적으로 홍보한다. 선한 사마리아법으로 알려진 응급의료에 관한 법률 제5조의 2항(선의의 응급의료에 대한 면책)에 대한 인지도를 높여 자동제세동기 사용뿐만 아니라 심폐소생술 전반에 대해 저해요인을 극복하는 홍보가 필요하다.

5. 효과적인 심폐소생술 교육법 고안과 평가

1) 심폐소생술 교육과정의 핵심 개념

심폐소생술 교육과정을 만들 때는 과학적 근거에 기반을 두어 효과적인 교육 방침을 수립하고 비용-효율이 높은 교육 방식을 채택하는 것이 중요하다. 심폐소생술 교육과정이나 전략을 수립할 때에 소생술의 이론적인 중요성을 이해하는 것도 중요하지만 심장정지 상황에서 직접 심장정지 환자에게 심폐소생술을 시행할 수 있는 자신감과 고품질의 소생술이 요구되는 상황이라는 점을 고려하여 실습 훈련을 하는 것이 중요하다. 이를 위해 평가 기준에 지식 평가를 위한 필기시험뿐만 아니라 술기 평가(objective structured clinical examination, OSCE)를 기반으로 한 복합적이고 다면적 평가 방식이 요구된다(그림 55). 심폐소생술 교육과정을 만들 때 고려해야 할 핵심적인 개념은 다음과 같다.

평가 이론 | Miller의 피라미드

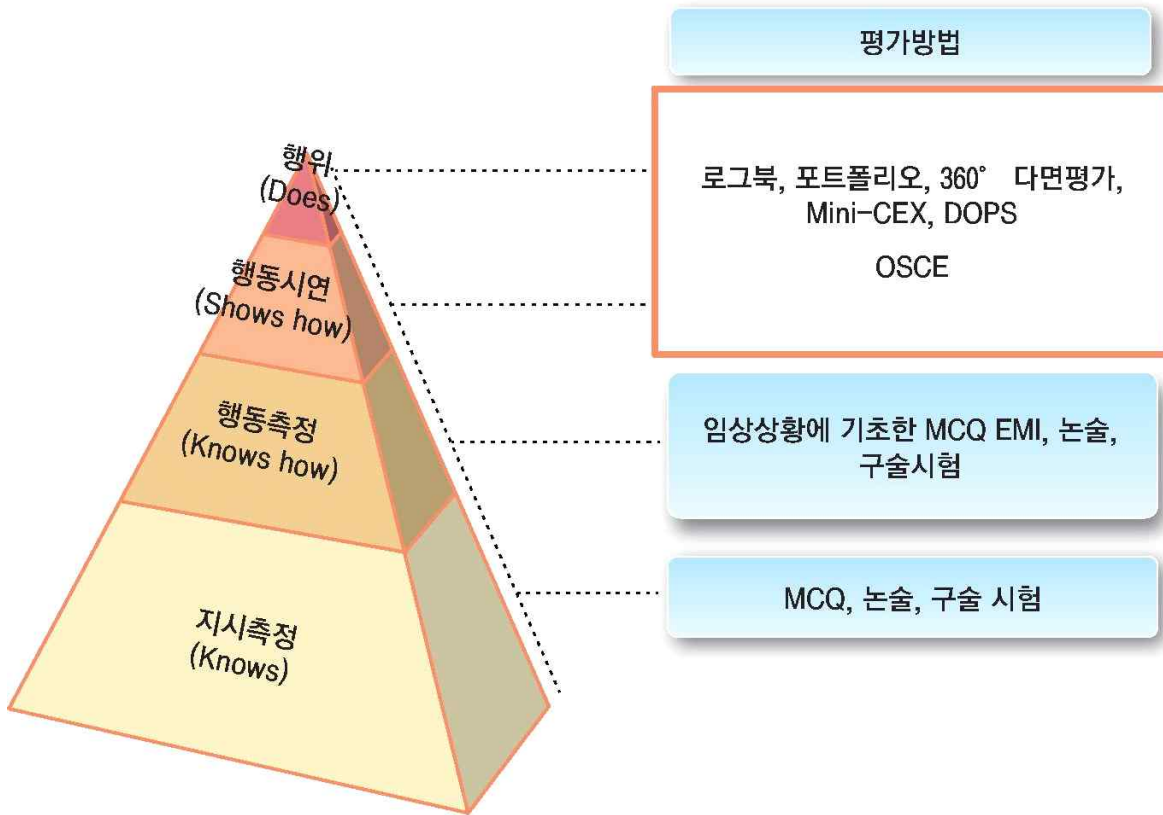


그림 55. 교육 평가를 위한 Miller의 피라미드 모형

* CEX, clinical evaluation exercise; DOPS, direct observation of procedural skills; OSCE, objective structured clinical examination; MCQ, multiple choice quiz; EMI, extended matching items

- ① 단순화: 필수적인 심폐소생술 지식 및 술기의 체득이라는 교육 목표를 달성할 수 있도록 교육 내용의 범위와 제시 방식을 단순화해야 한다.
- ② 일관성: 교육 내용과 술기 보여주기를 일관성 있게 제시해야 한다. 강사에 따른 교육 내용의 가변성을 최소화하기 위해서 보면서 따라 하기 방식이 권장된다.

③ 교육 목표 중심: 인지(recognition)하여야 하는 목표, 인지하고 행위(psychomotor)를 하여야 하는 목표 및 정서적(affective) 목표가 모든 교육과정에 제시되어야 한다.

④ 직접 해보는 연습(hands on practice): 충분한 직접 실기 연습을 통해야만 술기 수행 목표를 달성할 수 있다.

⑤ 임상적 상황 활용: 교육생이 실제 상황에 적용할 수 있는 적합한 시나리오를 활용해야 한다. 병원 근무자들에게는 바닥 대신 병상에 올려진 마네킹을 사용하여 심폐소생술을 연습하도록 하는 것이 여기에 해당한다.

⑥ 실행능력 평가 시험 필수: 평가 시험을 통하여 학습 목표를 달성한 것으로 입증된 교육생만 교육 과정을 완료한 것으로 인정되어야 한다.

⑦ 연습을 통한 숙달: 핵심적인 술기와 지식은 교육과정 자체만으로 숙달되고 체득되도록 의도적으로 반복되어야 한다.

⑧ 평가 및 되먹임 활용: 교육과정 중에 수시로 교육생의 수행능력을 평가하여 학습을 증진해야 한다. 측정 가능한 술기 수행도를 제시하여 평가의 기준으로 삼아야 한다.

또한, 심폐소생술을 시행할 때 소생술 팀원 사이의 팀워크는 매우 중요하다. 특히 다양하고 복잡한 술기들이 동시에 시행되어야 하는 전문소생술 과정에서는 팀워크가 더욱 중요한 요소이다. 따라서 다양한 시나리오가 갖춰진 시뮬레이션 훈련을 통해 참여한 교육생들이 빠짐없이 팀워크와 지도력 훈련을 충분히 받을 수 있도록 해야 한다. 그러나 팀워크와 지도력의 중요성에도 불구하고 이러한 훈련이 환자의 예후에 영향을 미친다는 증거는 제한적이다.

핵심 개념에 근거한 어떤 교육과정이 만들어졌을 때, 그 교육과정 자체를 평가하는 방법을 동시에 확립하여 그 교육과정의 효과를 같이 평가해야 한다. 교육과정의 평가에서 비록 교육생들의 만족도가 중

요한 요소로 간주되지만, 교육과정 평가의 필수 기준으로는 교육생들의 지식과 술기의 습득 효과가 더 중요하며 나아가 그것의 장기적인 유지효과로까지 확대되어야 한다. 교육생들이 실습하고 익힌 내용을 현실에서 적용할 수 있는지에 대해서 뿐만 아니라 궁극적으로 환자의 예후를 개선할 수 있었는지도 포함되도록 과정 평가를 보다 확고한 형식으로 구성하여야 한다.

2) 심폐소생술 교육과정 개발 전략과 새로운 교육법 활용

(1) 기본소생술 과정 개발 전략

기존의 ‘강사-주도 교육 방식’과 비교할 때 ‘동영상을 보면서 동시에 따라 실습하는 교육법’이 실제 상황에서 교육생들의 심폐소생술 술기 수행능력을 더 향상시킨다. 또한, 이 방법은 습득된 술기를 오래 유지하는 데도 다른 방법과 비슷하거나 더 효과적이다. 따라서 강사-개입 요소를 최소화하고 양질의 표준화된 교육 효과를 얻을 수 있는 보면서 따라 하기 방식으로 기본소생술 과정을 개발하도록 강력히 권장한다. 술기 습득에 도움이 되는 최소한의 지식만을 전달하고 대부분 교육시간을 술기 체득에 할애해야 한다. 고품질의 술기를 수련하게 하는 방법도 강사에 의존하기보다는 ‘술기의 수행도를 실시간으로 보여주는 마네킹’과 같은 피드백 측정장치를 술기 연습에 활용하는 방식을 채택하는 것이 더 좋다.

기존의 기본소생술 과정은 1인 구조자 심폐소생술을 중심으로 고안되어 있는데, 실제로 병원밖 또는 병원내 심폐소생술에는 2인 이상의 구조자들이 참여하게 되는 경우가 통상적이다. 환자에게 더 고품질의 심폐소생술을 제공하려면 1인 구조자 심폐소생술보다는 2인 구조자 심폐소생술을 시행해야 하며 이때 참여한 구조자들 사이의 협조 관계가 매우 중요하다. 따라서 기본소생술 과정에도 2인 이상의 구조자들이 효과적으로 협조하여 고품질의 심폐소생술을 제공하는 방법에 비중을 두어 교육 내용을 만드는 것을 권장한다.

기본소생술 교육은 강사에 의해 실습을 강조한 형태로 시행되는 것이 바람직하지만, 교육 자원이 제한적인 상황에서는 동영상이나 컴퓨터 기반의 자가학습법을 대안으로 활용할 수 있다. 자가학습법의 교육 효과는 아직 확실하게 검증되지 않았으나, 일반인과 보건의료인에 대한 기본소생술 교육 기회를 확대하고, 비용 측면에서 효과적일 수 있다.

(2) 전문소생술 과정 개발 전략

지역사회와 응급의료체계는 하나의 시스템으로 유기적이고 통합적으로 응급의료종사자가 심장정지 환자를 치료하는 데에 얼마나 노출되고 치료에 투입되었는지를 조사하고 평가해야 한다. 응급의료체계 제공자들은 각기 경험이 다르므로 추가 교육이나 보수 교육 등을 통하여 지속적으로 심장정지 치료에 참여 가능한 수준을 유지하도록 교육을 제공해 준다. 이를 위해 모든 응급의료종사자와 의료인은 기본심폐소생술과 함께 성인 전문소생술 과정 또는 그와 동등한 수준의 교육과정을 이수해야 함을 강조한다.

전문소생술 과정은 의료인들을 대상으로 하므로 상당히 범위가 넓으면서 깊이가 있는 내용을 전달하게 된다. 한정된 교육시간에 모든 내용을 다 전달할 수 없고 핵심 내용을 깊이 있게 집중적으로 전달해야 하므로 교육과정 중에 기초적인 배경지식부터 설명하기는 어렵다. 또한, 교육과정에 질의응답 및 토론을 통한 교육이 포함되어 있어서 교육생들의 적극적인 참여가 교육의 성패를 좌우한다. 즉 전문소생술 과정의 교육생들은 교육과정에 참여하기 전에 일정 수준의 사전 지식과 술기를 보유하고 있어야 한다. 컴퓨터 자가 학습 프로그램, 교육용 교재 및 동영상 연습, 사전 평가 시험 등의 방법을 활용하여 교육생들이 교육 전 사전 지식과 술기를 일정 수준 이상 준비해오도록 권장한다. 즉 전문소생술 과정에는 효과적인 과정-전 준비 단계를 반드시 포함하고 이 준비 단계를 성공적으로 완수한 교육생들만 선별하여 교육과정에 참여할 수 있게 허용하도록 권장한다.

2009년에 개발된 한국전문소생술(Korean Advanced Life Support; KALS) 과정에서는 심장정지 시나

리오 외의 불안정성 서맥, 빈맥을 제외하여 교육 운영시간을 5~6시간 이내로 축약하여 운영 중이다. 시간이 짧은 만큼 자주 시행할 수 있는 점과 술기와 시뮬레이션이 명확히 구분되어 있어 프로그램을 분리하여 병원 내에서 활용이 가능하다.

(3) 다양한 직역 별 교육 체계 제공

소생술 유관 단체, 응급의료체계, 지역사회는 병원밖과 병원내 심장정지 교육에 얼마나 노출되고 재교육에 투입되었는지를 유기적 통합 시스템으로 모니터링해야 한다. 소생술 교육과정의 개발과 보급, 일반인과 의료인의 소생술 능력 강화와 함께 한국 의료 환경에 맞는 프로그램을 개발하여 실제 심장정지 상황에서 즉각적이고 실천 가능한 심폐소생술 교육과정을 운영하도록 한다.

인증 교육과정은 교육 대상자에 따라 일반인 과정과 보건의료인(Healthcare provider, HCP) 과정으로 나누고, 심장정지 적용 대상에 따라 교육과정을 병원 전 단계 기본, 병원 단계 성인 전문소생술, 병원 단계 소아 전문소생술, 신생아소생술로 나누며, 이에 맞추어 교육프로그램을 개발하고 직역에 맞게 제공한다. 일반인 교육과정은 일반인이나 학생을 대상으로 가슴압박소생술과 구급상황(상당)요원 도움 심폐소생술을 교육하는 기본 과정과 일차반응자들을 대상으로 하는 심화과정으로 나누어 운영한다(그림 56).

심폐소생술 팀 중 전문소생술 교육을 받은 구성원이 있는 경우 병원내 심장정지 생존율이 높아진다.^{14,15} 의료종사자인 경우에도 심장정지 노출빈도와 국내 의료법에 근거한 직역별 응급처치 범위를 고려하여 다양한 교육프로그램을 제공한다.



그림 56. 심장정지 발생 장소, 지역과 노출 경험을 고려한 국내 심폐소생술 교육프로그램 시스템

* AED, automated external defibrillator

(4) 전문소생술 교육 운영 중 시뮬레이션 장비의 권고 조정

전문소생술 시뮬레이션 교육에서 고충실도 마네킹(high-fidelity mannequin)의 사용은 현실감을 높여 주어 교육에 대한 몰입과 효과를 기대할 수는 있지만, 교육 목적, 교육 대상 및 비용-효율의 측면을 형평성 있게 고려하여 마네킹의 수준을 결정해야 한다. 현재까지 마네킹의 수준과 심장정지 환자의 생존율을 포함한 예후와 직접적인 연관성을 확인한 연구는 부족하다. 일부 체계적 문헌고찰 연구에서도 고

충실도 마네킹을 이용한 교육이 과정 후 지식과 술기가 모두 향상된 결과를 보이거나⁵⁴ 상반된 결과를 보고하고 있다.⁵⁵⁻⁵⁷

심폐소생술 술기를 실습할 때는 실제 사람에게 연습할 수 없으므로 마네킹을 사용한다. 심폐소생술 교육에 사용되는 마네킹은 그 종류와 수준이 다양하다. 최근 과학기술의 급속한 발전에 힘입어 거의 실제 환자와 유사한 기능을 갖춘 고성능 마네킹들이 판매되고 있다. 고성능 마네킹을 사용하여 교육하면 교육생들의 심폐소생술 수행능력을 더 높인다는 보고가 있다.^{56,58} 교육 환경의 시뮬레이션 정도가 실제 상황과 더욱 유사할수록 교육생의 인지적, 정신-운동적, 및 정서적 교육 효과가 더 우수할 것으로 예상된다.

심폐소생술에 대한 기본 지식과 술기를 전달하고 연습시킬 목적이라면 기본형 마네킹을 사용하여도 충분할 수 있겠지만, 다양한 시나리오를 가지고 전문소생술을 훈련하는 것이 목적이라면 고성능 마네킹을 사용하도록 권장한다. 따라서 교육 목적, 교육 대상 및 비용-효율의 측면을 형평성 있게 고려하여 사용할 마네킹의 수준을 결정해야 한다. 또한, 교육기관이나 교육 센터가 프로그램을 진행하고 유지하는데 필요한 제반 시설과 훈련된 인력을 보유하고 있을 때는 고성능 마네킹을 사용하는 것이 유용하다. 만약 고성능 마네킹 사용이 어렵다면, 교육 목적의 표준 수준의 프로그램 운영을 위해 저충실도(저성능) 마네킹의 사용을 고려하도록 한다. 저성능 마네킹은 고품질의 가슴압박의 성과에 국한되어 있어 긍정적 또는 반대의 다양한 결과를 보이긴 하지만 전문소생술 교육 전반에 적용하기는 어려울 수 있다.⁵⁵ 심폐소생술 교육에서 적용 가능한 마네킹의 기준을 마련하고, 국내에 소개된 여러 심폐소생술용 마네킹의 범주를 구분하여 정의할 필요가 있다.

(5) 자가 학습(self-instruction) 방법의 다양화

첨단기술의 발달로 강사와 직접 대면하여 교육을 받는 전통적 학습법 외에도 동영상이나 컴퓨터를 기

반으로 한 자가 학습이 ‘에듀테크’라는 새로운 교육법으로 부상하고 있다. 스마트폰과 애플리케이션, 가상 현실 등 다양한 첨단 교육 기술 장비를 활용하고 동영상이나 컴퓨터를 이용하여 자가 학습을 하는 것은 고전적 수업 방식보다 효과는 일부 떨어질 수 있으나 심폐소생술 수행능력에 대한 직접적 효과 이외에도 자가 학습을 통해 심폐소생술에 관한 관심과 참여도를 높이는 이점이 있을 수 있다. 그러므로, 심폐소생술 교육은 강사에 의한 전통적 교육 방법이 원칙이나, 동영상이나 컴퓨터 기반의 자가학습법은 실습 동반 여부에 상관없이 강사 주도의 전통적인 교육에 대한 효과적인 대안으로 사용할 수 있다.

(6) 혼합 형태의 학습(blended learning)

근거 기반의 수업 설계 디자인과 교육 방법 이론의 다양한 제안으로 수업 설계 형태와 자가 학습의 수업 설계도 중요한 고려 사항이 되고 있다. 일반인의 경우 심폐소생술을 수행할 의지와 능력을 향상시키기 위해 강사가 지도하고 실습을 진행하는 전통적인 강사 주도(instructor-led learning)의 학습 방법에 결합하여 사전 교육의 방법이나 스스로 진행하는 자가 학습도 강조되고 있다. 이러닝 콘텐츠를 활용하여 강사 주도 실습이나 시뮬레이션 교육 참여 전 사전 교육과 이론 테스트를 진행한 후 현장에서 시뮬레이션 교육과 평가만을 진행하는 혼합 형태의 학습 방법도 중간 단계로 운영하는 것을 고려한다.

(7) 언택트 비대면 교육 모듈의 사용

심장정지 발생은 자주 경험할 수 없고 대체 상황을 구현하여 교육하기 어렵다. 이를 극복하는 교육 기술발전으로 응급상황과 유사한 현실 환경을 구현하여 심폐소생술 교육을 위한 새로운 대체 교육법이 가능해졌지만, 고품질의 심폐소생술이나 생존율에 미치는 영향은 아직 명확하지 않다.^{11,59}

현재 인터넷의 유비쿼터스 가용성으로 인해 의료 콘텐츠에 대한 액세스가 그 어느 때보다 쉬워졌고 가상 학습 환경이 의학 교육을 지원하고 있다. 응급상황이나 현실적 환경을 위한 컴퓨터 인터페이스를

이용한 가상 현실과 놀이를 통한 게임화된 학습(예: 가상 및 증강 현실, 모니터를 시뮬레이션하는 태블릿 앱 등) 등을 제공할 수 있다. 기존 심폐소생술 교육프로그램에 보조적인 수단으로 가상 환자, 가상 현실, 증강 현실을 통한 교육이 가능하다.

심폐소생술 교육 훈련에서 소생술을 가르치기 위해 훈련 효과 증대를 목적으로, 모바일 앱¹¹을 이용하거나 의대생을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램⁵⁹을 활용하거나 가상 환자, 애니메이션을 이용하는 방안,⁶⁰ 웹 기반 혼합 소아 기본소생술 교육실습 모형,⁶¹ 병원 근무 의료인 대상의 미국심장학회 Resuscitation Quality Improvement (RQI) 프로그램⁶² 등을 활용한 비교 연구에서 표준프로그램을 사용하는 경우보다 더 나은 능력과 자신감을 보였지만, 비용을 포함한 산출 효과 평가는 아직 이루어지지 않았다.

특히, 신종감염병이나 국가재난 상황에서 대면 실습교육이 불가능한 특수 상황에서 기존 일반인 심폐소생술 교육과정의 지식과 수행능력 전달과 평가에 가상 현실, 증강 현실, 웹 기반 언택트 플랫폼 등을 대체 수단으로 고려하도록 하고, 일부 국내 상용화된 소생술 교육 비대면 플랫폼과 국외 고빈도 교육 방법인 Resuscitation Quality Improvement(RQI) 프로그램 등도 일반인 비대면 소생술교육과 의료종사자 보수 교육/재교육 학습방법으로 활용해 볼 수 있다.

(8) 진행 방식의 다변화

현재 운용 중인 기본소생술 과정, 전문심장소생술 과정, 전문 소아소생술 과정이 절대적으로 좋은 교육 방식이라고 할 수는 없다. 다른 방식으로 전달하는 교육 방법들이 교육생들에게 더 효과적일 수도 있다. 예를 들면, 컴퓨터를 통한 상호대화식 멀티미디어 과정, 증례-토의 발표, 자기-주도형 학습(self-directed learning: SDL), 문제-근거 학습법(problem-based learning: PBL), 혹은 전문 외상소생술 과정 등 다른 과정을 통합한 과정 등을 운영할 수 있다. 잘 고안된 대안적 교육과정과 타당한 과정

평가로 교육생들이 교육 목표를 더 쉽고 효과적으로 달성할 수 있다면 그 방법을 수용하는 것이 옳다.

(9) 팀 수행도와 지도력 훈련

팀워크와 지도력은 의료 분야에서 환자의 안전과 결과에 기여하는 중요한 요소로 점점 더 인식되고 있다. 심폐소생술을 시행할 때 소생술 팀원 사이의 팀워크는 매우 중요하다. 특히 다양하고 복잡한 술기들이 동시에 시행되어야 하는 전문소생술 과정에서는 팀워크가 더욱 중요한 요소이다. 따라서 다양한 시나리오가 갖춰진 시뮬레이션 훈련을 통해 참여한 교육생들이 빠짐없이 팀워크와 지도력 훈련을 충분히 받을 수 있도록 해야 한다. 그러나 팀워크와 지도력의 중요성에도 불구하고 이러한 훈련이 환자의 예후에 영향을 미친다는 증거는 제한적이다.⁶³

근본적으로 생명 유지의 맥락에서 팀워크와 지도력의 기여는 환자 치료 결과에 상당히 기여할 것으로 예상된다. 소생술 중 지도력이 팀 성과와 관련이 있으므로 지도력 교육이 제공되는 것을 포함하여 운영하도록 한다. 2015년 권고지침부터 전문소생술 교육에 팀 및 지도력 교육을 포함하고 있다. 여러 연구에서 이러닝, 비디오 기반 교육, 교육, 데모, 시뮬레이션을 통해 지도력과 팀워크를 교육하는 다양한 방법이 제시되었지만, 여전히 팀워크 및 지도력 교육은 전문소생술 과정에 대한 추가 교육 모듈로 제공되거나 전문소생술 과정의 필수 부분으로 제공되기도 하여 일반화하기 어렵다.

전문소생술 교육과정에서 팀 및 지도력 교육의 통합이 지속 가능성을 높일 수 있다. 지도력 교육 외에도 환자 결과를 개선하기 위해 소생술에 대한 충분한 경험이 필요할 수 있다. 특정 팀워크 및 지도력 교육을 응급의료종사자를 위한 전문소생술 교육의 일부로 포함하여 운영하는 것을 고려한다.

6. 심폐소생술 교육 후 재교육

1) 효과적인 재교육을 위한 고려 사항

(1) 짧은 교육 효과의 유지 기간

심폐소생술 교육과정을 수료한 후 시간이 경과하면 술기 수행능력이 급속하게 저하된다. 기본소생술은 1~6개월 혹은 7~12개월째에 현저히 저하되고, 전문소생술은 3~6개월, 12개월 혹은 12개월 후 지식과 술기 수행능력이 계속 감소한다고 알려졌다.⁶⁴ 교육생 구성, 교육과정의 길이 및 형식, 강사의 형태, 교육한 심폐소생술의 내용 그리고 교육생의 실제 소생술 경험 횟수 등 다양한 요인이 교육 효과의 유지 기간과 연관되어 있다.⁶⁴

(2) 새로운 재교육 기간의 결정

교육생들에게 교육 효과를 오랫동안 유지하게 해주는 효과적인 방법은 알려지지 않았으나, 더 자주 술기 연습을 하고 평가 시험을 받게 하면 분명히 효과적일 것이다. 대개의 심폐소생술 교육과정들은 일반적으로 수료한 후 2년간의 자격 유지 기간이 인증되고 있는데 이 기간을 단축하기는 현실적으로 어렵다. 그러나 평소에 심폐소생술에 노출되지 않는 교육생들에게는 인증 기간 이내라도 재교육이 필요하다.

2) 새로운 심폐소생술 교육 또는 재교육 방법 모색

심폐소생술에서 대부분의 교육 방법은 집중 학습(massed learning) 모형을 이용하여 집중적으로 수 시간 또는 수일에 걸쳐서 연속적으로 학습하는 방법이다. 그러나 집중 학습 이후 시간이 지날수록 술기 및 지식이 현저히 감소하게 되므로 1년 또는 2년에 한 번 재교육을 실시하여 술기 및 지식이 유지되게 하는 것이 전형적인 소생술 교육 방법이다. 이 경우 재교육 시점이 중요한 쟁점이 된다. 이와 다르게 최

근 대두되는 분산 학습(spaced learning)은 배운 내용을 잊기 전에 다시 학습하는데, 일정한 간격을 두고 여러 번 학습하여 수행 수준이 유지되도록 하는 것이다. 분산 학습은 소생술 교육 콘텐츠를 여러 세션(새로운 내용 또는 이전 세션 콘텐츠의 반복)으로 분리하고, 각 세션은 몇 분에서 몇 시간 동안 지속하며, 세션 사이의 간격은 몇 주에서 몇 달을 두고 진행한다(그림 57).⁶⁵⁻⁶⁷ 소생술 교육에 적용된 분산 학습 효과는 기본심폐소생술 교육뿐만 아니라 응급구조사의 영아 백마스크 인공환기 및 골내 주사 술기, 간호사의 신속한 제세동 적용과 고품질 심폐소생술 유지에 효과적이다.⁶⁷⁻⁷¹

Massed Learning(집중 학습)



Spaced Learning(분산 학습)



그림 57. 집중 학습과 분산 학습의 비교

이와 유사한 개념으로 추가 훈련 또는 촉진 세션(booster training)은 백신의 효과를 극대화하기 위해 추가접종을 하듯, 첫 번째 학습 후 일정 기간 이후 1회 재교육을 실행하는 것을 의미하며, remediation은 재학습 혹은 ‘추가 훈련’의 개념과 혼용하여 소생술 교육을 진행 후, 주간 또는 월간의 간격으로 간단하게 초기 교육의 반복된 내용에 초점을 맞추어 진행하는 학습을 의미한다(그림 58).^{68,72}

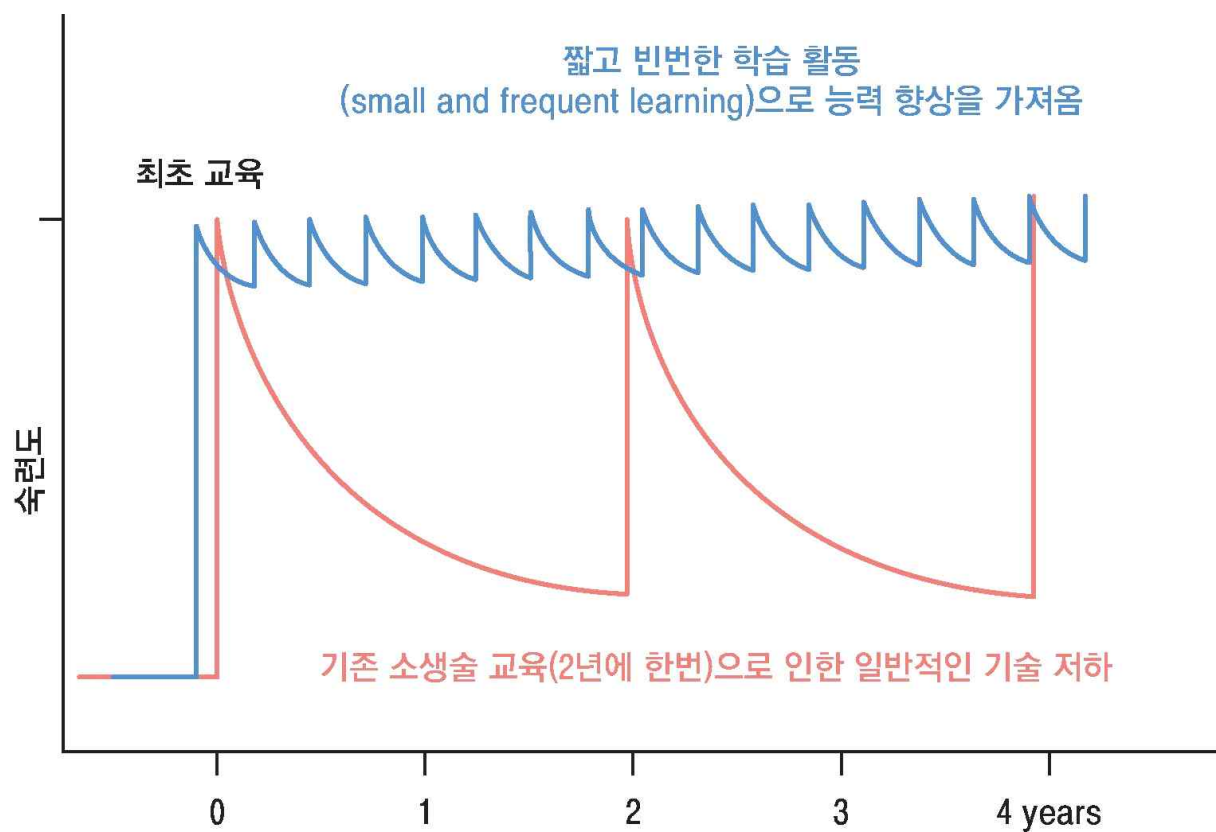


그림 58. 촉진 세션 혹은 단시간 다빈도 교육 효과 모형

분산 학습 또는 여러 세션으로 분리된 교육은 단일 과정의 소생술교육과 비교해 효과가 같거나 더 좋다는 것이 입증되었으며, 집중 학습 대신 분산 학습이 사용될 수 있음을 제안하고 있다. 또한, 효과적인 분산 학습을 위해서는 모든 세션에 걸쳐 교육생들의 참여가 필수적이다. 이에 향후 국내의 심폐소생술 교육과정도 추가 훈련 과정 및 분산 학습 모형을 적용하는 것을 제안하고 있다.

7. 소생술 술기 능력 향상을 위한 방법

1) 체크리스트/암기 보조수단의 활용

(1) 심폐소생술 교육과정에서의 활용

심폐소생술 교육과정에서 교육생들이 ‘체크리스트/암기 보조수단’을 활용하게 하는 것이 교육생의 심폐소생술 수행능력 향상에 긍정적인 영향을 준다. 이러한 장점을 활용하려면 교육생과 강사가 체크리스트/암기 보조수단을 사용하는 일에 매우 익숙해져야 한다.

(2) 실제 심폐소생술에서의 활용

실제로 심폐소생술을 시행할 때 술기 수행능력이 떨어지는 비숙련자와 오랫동안 실제 심폐소생술을 하지 않았던 의료인은 체크리스트/암기 보조수단을 사용함으로써 소생술 술기 수행능력을 향상시킬 수 있다.

2) 심폐소생술 교육 중 되먹임(피드백) 장치 사용의 강화

심폐소생술 교육에 ‘실시간’ 되먹임 장치(예: 메트로놈, 가슴압박 빈도 및 깊이 감시기능을 가진 마네킹 등)를 사용하는 것은 교육 효과를 높이므로 2020년 가이드라인에서도 이 장치들을 활용할 것을 계속 강조했다. 교육과정 종료 1년 후 술기 수행능력은 되먹임 장치의 사용 여부와 관계없이 상당한 질적 저하를 보였고 교육과정 종료 시점에서의 술기 수행능력이 되먹임 장치 사용 여부에 따라 차이가 없었다는 보고도 있지만,⁷³⁻⁷⁵ 심폐소생술 교육에 되먹임 장비 사용을 권고하는 것에 대한 양질의 시뮬레이션 연구들이 2015년 이후 추가되었다. 이후 임상연구에 의한 일부 근거가 추가되면서 가슴압박 속도, 깊이, 이완, 손의 위치를 직접 되먹임하는 장비를 사용하는 것이 심폐소생술 술기 수행능력 향상에 도움

이 된다고 알려졌다.^{74,76,77} 만약, 되먹임 장비 사용이 불가능하면 가슴압박 속도를 개선하기 위한 목적으로 소리로 피드백하는 장비(예, 음악 또는 메트로놈)를 사용하는 것도 유용하다.⁷⁸

심폐소생술 교육에 가슴압박 속도, 깊이, 이완, 손의 위치를 직접 피드백하는 장비를 사용할 것을 권장한다. 만약 피드백 장비의 사용이 불가능하면 가슴압박 속도를 개선하기 위한 목적으로 소리로 피드백하는 장비(예를 들면 음악이나 메트로놈)를 사용할 것을 권장한다. 심폐소생술시 실시간 피드백의 긍정적인 효과는 교육 종료 시에 확인된다.

3) 시뮬레이션 과정 후 사후 토의 진행

사후 토의(debriefing)란 시뮬레이션 교육과정이 끝난 후 교육 내용에 대해서 성찰, 토론 및 피드백을 통해서 그 교육 경험을 의미 있게 구조화하는 시간을 의미한다. 여러 연구에서 사후 토의는 시뮬레이션 교육에서 가장 중요한 단계로 간주하고 있다.⁷⁹ 이러한 점을 고려할 때 사후 토의 단계가 모든 심폐소생술 교육과정에 필수적으로 포함되어야 하며, 실제로 심폐소생술을 경험한 후에도 사후 토의를 하는 것을 권장한다. 그러나 실제 심폐소생술 후 매번 사후 토의를 하는 것은 큰 비용과 시간이 소요되는 일이므로 환자의 생존에 어떤 영향을 주는지와 관련된 구체적 근거가 마련되어야 한다. 병원내 심장정지 환자에 대한 심폐소생술 후 사후 토의가 환자의 '퇴원시 양호한 신경학적 생존'을 증가시킨다는 약한 근거 수준의 연구가 존재하고 병원밖 심장정지에서도 비슷한 결과를 도출하고 있다.^{80,81}

8. 교육과정 필수 권장 사항과 교육 질 관리

1) 기본소생술 과정 필수 권장 사항

(1) 기본 원칙

모든 국민이 심폐소생술 지식과 술기를 습득할 수 있으면 그 사회는 이상적이다. 따라서 우리나라의 병원 밖과 병원 안에서 발생하는 심장정지 환자의 생존율을 높이려면, 응급의료종사자와 각종 의료기관 소속 의료인들뿐만 아니라 비의료인 일차 반응자와 일반 시민들에게까지 모두 소생술을 교육해야 한다.

다양한 수준의 교육생들에게 각각 심폐소생술 지식과 술기를 확실하게 습득하고 유지하게 하려면, 교육생의 요구에 맞춘 다양한 교육 유형과 방식들을 제공해야 한다. 예를 들어, 실제로 심폐소생술을 자주 수행하는 업무를 하는 교육생에게는 심폐소생술의 최신 가이드라인을 알려주어야 하고 심폐소생술 팀의 일원으로 효과적으로 활동하는 방법도 교육해야 한다. 또한, 심폐소생술의 기술적 술기뿐만 아니라 비기술적 술기(팀워크, 지도력, 구조적 소통 방법)까지 교육해야 한다.

실제 심폐소생술에 참여한 경험이 없고 심폐소생술에 대한 막연한 두려움을 가질 수 있는 일반인들을 대상으로 하는 심폐소생술 교육과정에는 소생술 수행 의지를 높이는 단계를 포함해야 한다. 심폐소생술 교육과정에 참여하는 것과 실제로 심장정지 환자에게 심폐소생술을 시행하는 것은 대부분 안전하다. 하지만 심폐소생술 교육과정에는 교육 중 상당히 격렬한 신체적 활동이 요구된다는 사실을 교육생들에게 알리는 단계를 포함해야 하며, 술기를 시행하는 중에 가슴 통증, 심한 숨참 등의 증상이 발생하면 교육을 중단해야 한다.

(2) 기본소생술 교육과정 필수 권장 사항

기본소생술 과정에는 교육 대상자에 따라 다음의 요소들을 반드시 포함해야 한다.

- ① ‘생존사슬’의 개념(심장정지 예방 포함)
- ② ‘응급의료에 관한 법률’ 제5조 2항(선의의 응급의료에 대한 면책)의 설명
- ③ 심폐소생술과 관련된 개인 및 환경 위험요소에 대한 주의
- ④ 목격자 심폐소생술의 중요성 및 안전성
- ⑤ 심장정지 환자의 인지 방법: 반응 확인, 호흡 평가, 목동맥 확인(의료인 한정), 심장정지의 임상 양상(심장정지 호흡 및 짧은 경련에 대한 자세한 설명)
- ⑥ 119 신고방법 및 응급의료상담원을 통한 전화 지도 심폐소생술의 적용
- ⑦ 고품질의 가슴압박 및 가슴압박소생술의 적용
- ⑧ 구조자 피로 및 가슴압박의 교체
- ⑨ 적절한 인공호흡 및 심폐소생술의 적용(인공호흡을 반드시 해야 하는 심장정지 상황 등)
- ⑩ 자동제세동기의 신속한 적용(충격필요리듬과 충격불필요리듬에 대한 설명)
- ⑪ 심폐소생술 및 자동제세동기 적용의 모의 실습/술기 평가
- ⑫ 소생술 술기 수행능력을 유지하는 방법(수행능력의 빠른 감퇴 현상의 설명, 반복적인 교육의 중요성 강조)
- ⑬ 심장정지 환자의 나이에 따른 심폐소생술 및 자동제세동기의 적용(소아와 영아 심폐소생술)
- ⑭ 이물질에 의한 기도폐쇄 및 응급처치

2) 전문소생술 과정 필수 권장 사항

(1) 기본 원칙

전문소생술 과정의 교육 대상은 응급구조사, 간호사, 의사이다. 전문소생술 과정을 수료한 교육생은 효과적인 기본소생술, 기관내삽관을 포함한 전문기도유지술, 심전도의 해석, 약물 사용, 심장율동전환 및 경피 인공심장박동조율, 심장정지의 원인 감별 및 치료법, 그리고 심장정지로 진행할 수 있는 상황에 대한 진단 및 초기 처치를 할 수 있어야 한다. 전문소생술 과정은 표준화된 알고리즘으로 제공되고 있으며, 이에 대한 이해와 적용을 통하여 교육된다.

(2) 전문소생술 교육과정 필수 권장 사항

전문소생술 과정에는 다음의 요소들이 반드시 포함되어야 한다.

- ① 생존사슬의 개념
- ② 고품질의 기본심폐소생술(구성 요건, 심폐소생술 품질 유지를 위한 감시 방법)
- ③ 심폐소생술 팀 운영(1인 구조자, 2인 구조자 및 3인 이상 구조자 심폐소생술)
- ④ 백마스크 기구 또는 소생 백 사용법
- ⑤ 전문기도유지술(기관내삽관, 기관 튜브의 위치 확인 및 고정 방법)
- ⑥ 심전도 판독법(심실세동, 심실빈맥, 무맥성 전기활동, 무수축)
- ⑦ 심장정지의 교정 가능한 원인의 진단 및 치료
- ⑧ 성인 심장정지의 치료
- ⑨ 심장정지의 치료를 위하여 사용되는 약물(혈관수축제의 종류, 투여 용량, 투여 경로)
- ⑩ 제세동기 사용법(이상 파형 및 단상 파형 제세동기)

⑪ 심폐소생술의 적절성 감시 방법(기계적, 임상적, 생리적 지표의 평가 방법)

⑫ 서맥 및 빈맥의 치료 알고리즘

⑬ 서맥의 치료 약물, 심장박동조율 방법

⑭ 빈맥의 치료 약물, 심장율동전환 방법

⑮ 통합적 소생후 치료

3) 심폐소생술 교육 질 관리의 중요성

효과적인 심폐소생술 교육은 실제 심장정지 환자의 생존율을 극대화하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 또한, 교육과정의 질 관리를 위하여 운용되는 교육과정들을 지속적으로 평가하여 더 나은 교육 방법을 모색하고, 교육 내용을 수정하는 과정을 통해서만이 교육생들에게 최적의 심폐소생술 지식과 술기를 전달할 수 있다.

(1) 교육생

심폐소생술 교육의 효과를 결정짓는 가장 중요한 요소는 교육생이 교육과정에 참여하게 된 ‘동기’이다. 즉 ‘자발적 학습 의지’에서 비롯된 참여인지, ‘타의적 강요’에 의한 참여인지, 또는 아무 생각 없이 참여한 것인지에 따라 교육의 효과가 현격히 달라진다. 따라서 교육 동기가 강한 교육생들을 모집하는 것은 매우 중요하다. 이런 교육생들이 한 과정의 전체 교육생 수의 최소한 $\frac{1}{3}$ 은 되어야 교육과정을 원활히 진행할 수 있다. 심폐소생술 교육과정에는 사전에 자가 학습을 해 오도록 하는 경우가 많은데 이 과제를 성실히 해 오지 않는 사람은 학습 동기가 낮다고 볼 수 있다. 학습 동기가 낮은 교육생들을 대상으로 교육을 시행할 때는 교육 중에 효과적인 방법으로 교육생들에게 ‘동기를 부여’하는 강사의 탁월한 능력이 요구된다. 교육과정 전에 다양한 방법들을 통하여 사전 학습을 해 오게 하면 실제 교육시간

을 줄이고 교육 효과를 높이는 데에 도움이 된다. 교육과정 후에는 교육의 효과가 점점 감소하므로 지속적인 재교육을 통하여 교육생들이 한번 습득한 술기 능력을 계속 지속할 수 있도록 권장해야 한다. 그러기 위해서는 온라인 교육 등 교육생들이 간편하게 참여할 수 있는 다양한 사전 교육 및 재교육 프로그램들을 제공해야 한다.

(2) 교육과정의 질 관리

교육의 효과를 높이려면 교육생의 배경과 교육 동기에 따라 교육과정을 적절히 변형하여 시행하기를 권장한다. 교육 내용은 물론 교육시간과 재교육 기간도 교육생의 특성에 따라 적절히 조절할 필요가 있다. 심폐소생술 교육과정을 시행할 때, 매 교육의 시작과 중간, 그리고 끝부분에 교육에 참여하는 모든 강사가 모여서 그 과정에 대해 회의를 하는 것도 교육과정의 질을 관리하는 방법이 될 수 있다. 이런 회의들을 통하여 참여 강사들은 교육과정에 대한 이해도를 높이고 교육 중에 발생한 문제점들을 인지하고 공유하여 더 질 높은 교육을 제공하기 위해 노력하게 된다. 또한 참여 강사들의 만족도도 높일 수 있다.

교육 후 평가 시험은 교육 효과를 지속하게 하는 데 도움이 된다고 알려져 있으며 특히 필기시험보다는 술기 위주의 실습 평가가 임상 능력과 더 연관성이 높으므로 실기 평가 시험을 과정 끝부분에 반드시 시행하도록 해야 한다. 교육 종료 후 교육과정 전반에 대한 만족도를 조사하는 설문지도 교육의 질을 높이는 중요한 요소이다. 과정 중에 교육자가 아닌 교육생으로서 감지되는 문제점들을 파악하여 다음 과정에 반영하는 것이다. 심폐소생술 교육기관들은 정기적으로 소속 강사들이 모두 모여 교육과정의 내용 및 운영 실태에 대한 전반적인 평가를 하고 질 관리를 해 나가야 한다.

(3) 교육 강사 양성과 관리

심폐소생술 교육과정에서 교육의 질을 결정하는 핵심 요소 중의 하나는 교육 강사의 역량이다. 강사의 개입을 최소화한 보면서 따라 하기 방식의 교육을 시행할 때에도 마찬가지이다. 왜냐하면, 질의응답, 평가 및 되먹임, 평가 시험 등의 단계에서 강사의 역할이 매우 중요하기 때문이다.

역량 있는 강사를 발굴하기 위해 기본소생술 과정 중에 뛰어난 역량과 지도력을 보이는 교육생들만을 대상으로 강사 지원자를 선발하고 이들을 강사 과정에 참여시키는 방법을 사용할 수 있다. 성공적으로 강사 과정을 수행한 강사 지원자들은 적어도 2번 이상의 교육과정에 참여하여 모니터링 받을 것을 권하고 있으며 이 모니터링에서 보여준 강사 지원자의 교육 능력에 따라 이후 모니터링 횟수가 늘어날 수도 있다. 인증되어 활동 중인 강사들도 적절한 교육 능력을 유지하기 위해서 정기적으로 일정 횟수 이상의 교육에 참여해야 하며, 이외에도 정기적인 강사 워크숍 등 재교육 과정에 참여하여 교육 역량을 재점검 받아야 한다.

(4) 교육기관의 질 관리와 교육관리센터의 역할

심폐소생술 교육기관으로 인증받으려면, 정해진 기준의 강사(자격 및 인원수), 장비(종류 및 개수), 시설(시청각 시설, 교육장 크기) 그리고 운영 규정 등을 갖추어야 한다. 인증을 받은 교육기관들도 인증 기준을 유지하고 있는지 적절한 기간마다 정기적으로 재인증받도록 하고 있다.

9. 지역사회 내 심장정지 시스템의 변화

1) 지역사회 가이드라인의 보급과 시스템의 통합 수행도 관리

심장정지 후 생존 예후 향상을 위해 지역사회 내 인력, 교육 시설, 장비, 소생술 지침 개발자 및 유관 조직의 통합 시스템이 필요하다. 병원밖 심장정지를 목격한 현장일반인의 자발적인 소생술 제공, 자동심장충격기 관리 체계, 응급 통신 서비스, 119구급대원을 포함하는 응급의료체계 시스템이 모두 유기적으로 연결되어야 한다. 또한, 병원 내에서는 신속대응시스템의 선제적 운영으로 심장정지 발생을 예방하고 조기에 대처하고, 심폐소생술 팀의 효율적인 운영, 병원 근무 의료인의 전문소생술 교육 관리와 심폐소생술 생존 향상을 위한 질 향상 활동 등이 모두 포함된다.⁸ 마지막으로 장기적 생존은 좋은 신경학적 예후를 의미하나, 이는 인지와 신체적 재활뿐만 아니라 심리적 재활과 회복을 포함하며 환자와 가족, 치료자 모두가 대상이 된다.^{4,36}

국가 또는 지역사회의 심장정지 예방과 치료에 포함되는 시스템 수준에는 목격자 심폐소생술 또는 자동제세동기 적용률,^{82,83} 병원 전 또는 병원 내 치료적 저체온 요법(혹은 목표체온유지요법) 시행률, 자동 심폐소생술 장치와 심폐소생술 피드백장치의 사용이 모두 대상이 된다.^{70,84} 2020년 소생술 가이드라인에서는 심장정지를 치료하는 의료기관과 응급의료체계, 지역사회는 수행도를 높이기 위한 목표를 설정한 상태에서 중점 지표를 평가할 것을 권고하고 있다. 하지만, 현재 국내 환경에서는 병원밖 심장정지와 병원내 심장정지가 분리되어 관리되고 있어 이를 통합 관리할 수 있는 사회적 장치가 필요하다.

또한, 모든 응급의료종사자와 의료인은 기본심폐소생술뿐만 아니라 성인 전문소생술 과정 또는 그와 동등한 수준의 교육과정을 이수할 수 있도록 지속적인 교육 기회가 제공되어야 한다. 심장정지의 치료는 신속히 이루어져야 하며, 여러 명이 함께 소생술을 시행하게 된다. 이때 참가하는 의료인들은 소속이 다르거나 평소 같이 일해보지 않은 낯선 관계일 가능성이 크다. 소생술 가이드라인을 따르는 것은 의료

진 간의 협업 수준을 향상시킨다. 기존의 연구에서 낮은 수준의 근거밖에 제시하지 못하였지만, 가이드라인을 따르는 것은 일관되게 소생술의 결과를 향상시키는 것으로 나타났다. 심장정지는 극히 위험한 상황이며, 소생술 가이드라인을 따랐을 때의 이익이 잠재적인 위험에 비하여 크다.⁸⁵ 그러므로 심장정지 환자를 치료하는 기관은 심폐소생술 가이드라인을 따를 것을 강력히 권고한다.

2) 지역사회 심장정지 데이터 모니터링

지역사회와 연관 응급의료체계는 심장정지 환자 예후와 연관된 사회적 지표와 과정에 대한 자료를 수집하고, 이를 모니터링해야 한다. 이는 심장정지와 관련된 모든 단계와 환자의 생존 결과에 대한 지역사회나 국가 기반 데이터 등록 연구를 수행하도록 한다.⁸⁶ 이를 위해 연계된 지방자치단체와 소방, 중앙응급의료센터와 보건복지부 등의 연관 기관의 자료를 통합적으로 연계하는 데이터베이스를 구축하도록 한다. 우리나라는 질병관리청이 급성심장정지조사를 수행하여 병원밖 심장정지에 대한 자료를 수집 분석하고 있으며, 이 자료는 국가통계로 활용되고 있다. 미국은 응급센터 기반 병원내 심장정지(Get With The Guidelines-Resuscitation) 환자 등록 시스템⁸⁷과 병원밖 심장정지(Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival 또는 Resuscitation Outcomes Consortium Cardiac Epistry) 등록 사업을 구축해 놓고 있다.³⁹ 이들 데이터는 지역사회의 통합적인 역할과 개선 활동 모니터링, 질 지표 관리를 통한 품질개선을 가져오고, 성공적인 지역사회 심장정지 생존을 향상에 필수적이다.

3) 구급상황(상담)요원의 중재 역할 강화

심장정지 발생 초기에 효과적인 목격자 소생술을 현장에서 즉각적으로 시행하는 것이 생존율을 증가시키는 가장 중요한 요소이지만, 여전히 성인과 소아에 대한 목격자 심폐소생술 시행률은 소생술 교육률이나 인지도와 비교하면 낮다. 응급상황을 겪고 있는 현장의 일반인과 응급의료체계의 활성화를 연결

해주는 구급상황(상담)요원의 공공 안전의 역할은 병원밖 심장정지 생존사슬에서 중요한 연결고리에 해당한다. 구급상황(상담)요원 지시에 따르는 심폐소생술(전화 도움 심폐소생술)은 성인 병원밖 심장정지 환자에 대한 목격자 소생술 시행 비율을 향상시킨다. 전화 도움 심폐소생술이 진행되는 경우를 최대화 시키기 위해 구급상황(상담)요원을 위한 표준 지침과 상담 질문지, 스크립트 등을 개발하여 적극적으로 활용하고, 정확한 피드백을 위해 통화 지시사항을 평가하여 품질개선의 노력을 해야 한다.^{17,18}

전화로 현장에서 발생한 심장정지 상황을 정확히 확인하고 판단하기란 매우 어렵다. 실제 심장정지 상황에서 신고자와의 전화통화를 통하여 구급상황(상담)요원이 심장정지를 정확하게 식별하는 경우는 약 70% 정도이다.⁸⁸ 전화통화를 이용한 심폐소생술 지도를 전달하기 위해 구급상황(상담)요원은 특정 교육을 이수해야 한다.⁸⁹ 구급상황(상담)요원에 대한 교육은 심장정지 인지율 증가, 심장정지 호흡에 대한 오인 감소, 가슴압박을 받는 심장정지 환자의 비율 증가, 첫 가슴압박이 전달 될 때까지의 시간 단축으로 이어질 수 있다.⁹⁰ 짧은 시뮬레이션 기반 교육 세션조차도 심장정지 인식률과 심폐소생술 시작까지의 속도를 향상시킬 수 있다. 모든 구급상황(상담)요원 교육은 심장정지가 의심되는 상황에 직면했을 때 1) 심장정지 상황 인지, 2) 구조자의 심폐소생술 수행 의지 향상 및 구조자에게 안전 확인 경고, 3) 가슴압박심폐소생술 수행 지침 제공, 4) 자동제세동기사용법의 지도 요령, 5) 구급대가 사고 위치에 도달하도록 돕는 방법 등이 포함된다.^{91,92}

심장정지를 목격한 사람이 구급상황(상담)요원의 도움을 받으면, 심장정지 인지율이 높아지고 전화 도움 심폐소생술을 하게 되어 심장정지 환자의 생존율이 향상된다.^{93,94} 심장정지 환자의 치료 과정에서 구급상황(상담)요원은 단순히 신고를 받고 구급대원을 현장으로 출동시키는 역할을 하는 데에 국한되지 않는다. 구급상황(상담)요원은 일반인 목격자가 심장정지를 인지하고 구급대원이 현장에 도착할 때까지 목격자가 심폐소생술을 하도록 지도해야 한다. 2020년 가이드라인에서는 구급상황(상담)요원은 응급호출전화 통화로 심장정지 여부를 판단할 수 있도록 표준 알고리즘 사용을 권고하였다. 또한 응급의료체

계는 목격자에게 전화 지도 심폐소생술을 할 수 있는 목격자 심폐소생술 지원체계를 갖추어야 하며, 구급상황(상담)요원은 목격자가 가슴압박소생술을 포함한 활동을 하도록 지도할 수 있는 능력을 갖춰야 한다.

4) 병원밖 심장정지 신고와 신속 조치를 위한 정보통신기술의 활용

심장정지 인지, 신속한 신고와 목격자 심폐소생술을 위한 심폐소생술 교육과 대중 교육, 심폐소생술 인식 캠페인, 가슴압박소생술 홍보 등을 위해 심장정지 환자에게 심폐소생술을 제공하려는 의지와 자신감을 향상시킬 수 있다.

병원밖 심장정지 환자에게 얼마나 빨리 심폐소생술이 시행되고 자동제세동기를 적용하였느냐가 환자의 생존에 가장 중요한 요소지만, 현실적으로 모든 병원밖 심장정지 상황에서 응급의료종사자가 현장에 신속히 도착할 수는 없다. 일반인에 대한 심폐소생술 교육이 꾸준히 이루어지면서 심폐소생술을 시행할 능력이 있고 수행할 의지가 있는 일반인들이 점차 늘어나고 있다. 이들을 적절한 방법으로 심장정지 현장에 도착시킬 수 있다면 의료인이 도착하기 전부터 응급치료가 시작될 수 있으므로 환자의 생존율을 향상시킬 수 있다. 최근 널리 이용되고 있는 다양한 소셜 미디어 기술들을 적극적으로 활용하여 병원밖 심장정지가 발생한 근처에 있는 사람 중에 심폐소생술을 할 수 있고 하고자 하는 의지가 있는 사람들에게 심장정지가 발생한 사실을 알리는 방법에 관한 관심이 높아지고 있다. 최근 병원밖 심장정지가 발생한 경우 문자메시지나 컴퓨터 자동생성 전화 호출 등의 소셜 미디어 기술을 이용하여 근처에 있는 구조자에게 상황을 알렸을 때 목격자 심폐소생술 시행률이나 첫 번째 쇼크까지의 시간이 단축되었다는 약한 근거수준의 연구결과들이 존재한다.⁹⁵

따라서 생활 속에 널리 확대된 정보통신기술과 사회관계망 서비스, 소셜네트워크서비스를 생존사슬안으로 포함해 활용하는 방안이 모색되어야 한다. 2020년 가이드라인에서는 병원밖 심장정지가 발생하

였을 때 심폐소생술을 시행할 의지가 있고 할 수 있는 능력이 있는 개인이 병원밖 심장정지가 의심되는 사건 장소 근처에 있다면 사전 동의가 되어있는 사람에게 병원밖 심장정지의 발생을 알리도록 권고했다.

5) 응급의료종사자의 심폐소생술 경험 및 치료 수행도 관리

병원밖 심장정지 환자의 생존에 영향을 미치는 요인은 많으며, 이러한 요인 중 하나는 고품질의 소생술 제공이다. 적절한 소생술의 제공은 병원밖 심장정지 환자의 좋은 신경학적 예후를 결정하는 중요한 요소이고,⁹⁶ 응급의료종사자(구급대원 포함)의 심폐소생술 경험과 노출 정도는 많을수록 자발순환회복과 생존을 향상에 영향을 미친다.^{13,97,98} 심장정지 등 심폐소생술의 경험치를 높이기 위해서 국가나 지역사회는 응급환자 이송단, 119구급대, 관련 교육기관, 병원 간 응급의료종사자 교육을 위한 유기적 연결 시스템을 구축하고, 심폐소생술에 참여하거나 관찰, 술기 중심의 교육기회를 제공해야 한다.

특히, 병원밖 심장정지 환자에 대한 119구급대의 역할이 중요하므로 이들의 역량 강화를 위한 프로그램을 지속적으로 운영해야 한다. 전문구급대, 구급지도관 과정을 통하여 팀 기반 심폐소생술의 최신 지견과 팀 술기를 강화한다. 특별구급대 운영과 스마트 의료지도로 구급대원에게 기본 및 전문소생술의 현장 활동 경험을 제공할 수 있다. 시뮬레이션 기반 팀 소생술 교육은 부족한 현장 경험의 대안으로 구급대원이 실제로 경험했던 심장정지 증례들을 활용하여 가능한 한 실제 상황과 유사하게 제작된 교육자료를 기반으로 실시해야 한다.^{54,99}

심장정지 환자를 자주 치료하는 병원 내의 의료종사자와는 달리 병원밖 심장정지 환자를 치료하는 구급대원을 포함한 현장 응급의료종사자는 상대적으로 소생술 경험에 대한 노출빈도가 적기 때문에 응급의료체계 운영자는 병원밖 심장정지 환자의 효과적인 치료를 위하여 응급의료종사자의 소생술 경력과 노출 경험을 관리하고, 소생술 팀 구성 시 최근 소생술에 관한 경험이 있는 경력자를 포함하여 운영하

도록 한다.

응급의료체계 제공자들은 각기 경험이 다르므로 추가 교육이나 보수 교육 등을 통하여 지속적으로 심장정지 치료에 참여 가능한 수준을 유지하도록 교육을 제공해 준다. 이를 위해 모든 응급의료종사자와 의료인은 기본소생술뿐만 아니라 성인 전문소생술 과정 혹은 그와 동등한 수준의 교육과정을 이수할 수 있도록 강조한다.

6) 병원내 심장정지 예방 활동과 팀 단위 소생술 교육 방법

환자의 위험 상황 발생 이전에 조기 개입을 통해 심장정지 발생과 진행을 사전에 방지할 수 있는 병원 내 상시 모니터링 체계의 하나로 현재 신속대응시스템이 국내외 의료기관에서 많이 도입되고 있다.^{100,101} 조기 경고 점수 산정이나 병원 내 활성화 프로토콜을 기반으로 하는 신속대응시스템 활동은 소아와 성인의 병원내 심장정지 발생을 모두 예방할 수 있다(표 11).^{19,20} 현재 국내에서는 신속대응시스템 운영을 위해 내과, 신경과, 외과, 신경외과, 흉부외과, 마취통증의학과, 응급의학과 전문의를 팀에 참여시키고 전문간호사를 배치하며, 별도의 신속대응팀 구성과 전산시스템을 통해 병동 입원환자를 모니터링하고 조기 보고 및 신속한 중재를 하도록 하고 있다.

표 11. 조기 경고 점수 산정 시스템

생리 지표	3점	2점	1점	0점	1점	2점	3점
분당 호흡수	≤8		9-11	12-20		21-24	≥25
산소포화도(%)	≤91	92-93	94-95	≥96			
산소포화도(%), 폐 질환 시	≤83	84-85	86-87	88-92≥93 (공기 중)	93-94 (산소공급)	95-96 (산소공급)	≥97 (산소공급)
산소공급 여부		산소 치료		공급 하지 않음			
수축기 혈압 (mmHg)	≤90	91~100	101~110	111~219			≥220
심박수(분당)	≤40		41~50	51~90	91~110	111~130	≥131
의식 수준 (AVPU)				명료(A)			의식 저하(VPU)
체온(℃)	≤35.0		35.1-36.0	36.1-38.0	38.1-39.0	≥39.1	

국내도 병원내 심장정지 발생률과 사망률을 낮추기 위해 신속대응팀을 운영하는 병원이 늘어나는 추세다. 몇몇 연구에서는 조기 경고 점수 산정 시스템, 병원 내 활성화 프로토콜 개발과 신속대응팀 활동은 소아와 성인 병원내 심장정지 발생률과 사망률을 유의하게 감소시켰지만, 신경학적 예후 향상에는 별다른 차이가 없다는 연구도 있다.^{100,102,103} 이처럼 낮은 근거 수준임에도 국내 신속대응팀 운영 현황과 병원내 심장정지 예방 활동을 위한 다양한 예비 연구 보고 등을 고려하여 병원내 심장정지 발생률과 병원 내 사망률을 낮추기 위해 병원은 신속대응시스템을 운영하는 것이 효과적일 수 있다고 권고했다. 하지만, 기저질환이나 입원 치료의 복잡성으로 인해 어떠한 시스템이나 구성요소, 인자가 생존율을 향상시켰는지에 대한 직접적인 인과관계를 밝히기에는 근거 수준이 높지 않다.^{104,105}

7) 전문소생술 교육 경험에 대한 관리

병원내 심장정지 환자 치료에서 점점부서인 중환자실이나 응급의료센터와는 달리 노출빈도가 적은 부서에 근무하는 병원 내 의료종사자를 고려하여 지속적이고 반복적인 인증된 전문소생술 교육 시행 계획을 수립하도록 한다.^{14,106-108} 다만, 모든 의료제공자에게 일괄적인 전문소생술 인증 교육을 권고하기보다는 직역에 맞는 단계별 프로그램을 제공하도록 한다. 또한, 병원내 성인 심폐소생술 팀을 구성하는 경우 한 명 이상의 전문소생술 인증 교육 이수자를 포함하도록 한다. 심폐소생술 점점부서에 근무하는 의료종사자들을 위한 인증이나 보수 교육의 목적으로 승인된 전문소생술 교육을 제공하고 교육 여부를 지속적으로 관리하도록 한다.

8) 응급의료체계에서 소생술 중단 기준의 적용 고려

심장정지 환자의 생존 예후를 향상시키는 연구 외에도 이송 중 응급의료종사자의 위험 증가 및 심폐소생술 질 저하의 문제점, 불필요한 병원 이송을 줄이고자 하는 목적으로 성인 심장정지(병원밖, 병원내) 환자에 대한 다양한 심폐소생술 중단(termination of resuscitation: TOR) 기준이 제시되고 있다.¹⁰⁹ 무익한 소생술은 병원밖 심장정지에 대한 감염의 전파 위험으로도 이어질 수 있다.⁸⁵ 기존의 다양한 소생술 중단 기준은 미국과 일본 등에서 환자 등록 레지스트리를 기반으로 검증되었고, 국내의 경우도 한국심장정지연구컨소시엄(Korean Cardiac Arrest Research Consortium: KoCARC) 연구를 기반으로 하거나 지역 단위 다기관 관찰 연구가 진행되었다.¹¹⁰⁻¹¹⁴ 이때 적용하는 지표로는 병원 도착 후 사망 예측인자(병원 도착 후 사망을 예측하기 위한 소생술 중단 기준의 생성 및 내부 검증, 병원 도착 후 사망을 예측하기 위한 소생술 중단 외부 검증, 병원 도착 후 사망을 예측하기 위한 소생술 중단 임상적 검증)와 불량한 신경학적 예후 예측을 지표로 선정했고, 분석 방법으로는 민감도, 특이도, 위양성 비(상한 95% 신뢰구간 <5%) 및 양성예측도(> 99%)를 적용했다. 관련 연구가 모두 비무작위 연구이고 일부

임상적 검증 연구를 제외하고는 비뚤림, 일관성 부족, 간접성 및 불일치성 위험으로 인해 아주 낮은 근거로 평가되었으며, 또한 환자 집단, 임상 의료진 집단과 응급의료시스템에 상당한 이질성이 있었기 때문에 메타분석이 적절하지 않은 것으로 판단되었다.

하지만, 이러한 문헌고찰의 낮은 근거에도 불구하고 국제소생술 교류위원회를 포함한 2020년 소생술 가이드라인은 모두 현장에서 소생술을 중단할 것인지 또는 소생술을 지속하며 병원으로 이송할 것인지를 결정할 때에 임상 의료진을 지원하기 위해 소생술 중단 기준을 조건부로 사용할 것을 권장하고 있다. 하지만, 성인 병원내 심장정지 환자와 소아 대상의 소생 종료에 관한 연구는 거의 없어 체계적 검증에서 제외되었다.

10. 심폐소생술 중단 기준의 적용

적용 단계에 따라 병원 전 단계에서 적용 가능한 기본소생술 중단기준^{112,115} 과 병원 단계에서 적용 가능한 전문소생술 중단기준¹¹⁶이 제시되어 현재까지 10개의 기본소생술 및 전문소생술 중단기준이 개발되어 있다(표 12). 이를 이용하여 현장에서 소생술을 중단할 것인지 또는 소생술을 지속하며 병원으로 이송할 것인지를 결정하는 과정에서 보조적 수단으로 병원 밖 소생술 중단기준 사용을 고려할 수 있다. 대부분의 중단 규칙들은 목격되지 않은 경우, 현장의 무수축 심전도, 병원 전 체세동이나 병원 도착 전 자발순환회복이 이루어지지 않은 경우 등을 병합하여 적용하는 등 하나의 기준이 아니라 다양한 조건들을 모두 고려하여 단계별로 평가하는 체계이다.

표 12. 기본소생술 중단기준 및 전문소생술 중단기준 비교

소생술 중단기준 판단 항목	목적 상황, 목적자 수준	초기 병원 전 심장 리듬	병원 전 제세동	병원 도착 전 자발순환회복	기타 고려 사항
1) 병원 전 단계 적용					
기본소생술 중단기준 ¹¹⁰	목적되지 않음, 일반인		없음	없음	
전문소생술 중단기준	목적되지 않음, 일반인/EMT		없음	없음	목적자 소생 술 시행 하지 않음
일본 연구의 중단기준 ¹¹²	목적되지 않음, 일반인	현장 제세동 이 필요하지 않은 심전도		없음	
KoCARC 자료 기반 소생 중단기준 I ¹¹⁴	목적되지 않음, EMT	현장 무수축 심전도	없음	없음	
KoCARC 자료 기반 소생 중단기준 II	목적되지 않음, EMT		없음	없음	나이 >60세
KoCARC 자료 기반 소생 중단기준 III	목적되지 않음, EMT	현장 무수축 심전도	없음	없음	나이 >60세
CARES 소생 중단기준 ¹¹⁵	목적되지 않음, 일반인	현장 제세동 이 필요하지 않은 심전도			나이 ≥80세
New TOR 모형 1 ¹¹³	목적되지 않음, 일반인	현장 무수축 심전도		없음	
2) 병원 전 및 응급센터 적용					
SOS-KANTO 소생중단 규 칙 ¹¹¹	목적되지 않음, 일반인	현장 무수축 심전도			병원 도착 무 수축 심전도
New TOR 모형 2 ¹¹³	목적되지 않음, 일반인			없음	병원 도착 무 수축 심전도

* EMT, emergency medical technician; KoCARC, Korean Cardiac Arrest Research Consortium; CARES, Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival; TOR, termination of resuscitation

1) 병원 전 단계와 응급의료체계에서 소생중단 기준 적용 시 유의점

성인 심장정지(병원밖, 병원내) 환자에 대하여 현장에서 소생술을 중단할 것인지 또는 소생술을 지속

하며 병원으로 이송할 것인지를 결정하기 위해 병원 밖 소생술 중단기준을 보조적 수단으로 사용할 것을 고려한다(조건부 권장/아주 약한 근거).¹¹³ 하지만, 소생술 중단이나 보류를 소생술 중단기준만으로 결정해서는 안 되며, 국내 의료법과 환경상 응급구조사가 단독으로 결정할 수 없으므로 의료지도 의사가 판단하여 최종적으로 결정해야 한다. 구급차로 응급실에 도착한 환자의 소생중단과 병원내 심장정지 환자의 소생중단에 관한 연구는 거의 없어 체계적 검증에서 제외되었다. 하지만 현장에서 병원 응급실에 이송된 심장정지 환자의 경우 동일 지침 적용이 가능하다.

지도 의사가 병원밖 심장정지 환자의 소생술 시작 또는 중단을 결정했을 때에는 윤리적 고려 사항이나 근거에 대해 의무 기록이나 문서로 남겨야 한다. 환자의 심장정지 전 활동 상황이나 심장정지 전후의 삶 평가와 함께 앞서 제시된 병원 전 단계 목격자 심폐소생술 여부, 초기 무수축 심전도, 병원 도착 전 자발순환회복을 보이지 않는 경우 등의 검증된 소생술 중단기준들이 모두 고려되어야 한다.¹¹⁷

소생술 중단기준의 적용은 환자의 존엄성 존중, 응급의료자원의 효율적 운용 및 응급의료제공자의 위험을 줄이는 효과와 장점이 있다. 또한, 임상의의 판단에 도움을 주고 임상의 간의 판단 차이를 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만, 아직 아주 약한 근거, 여러 관련 고려 사항, 장기 기증에 영향 및 구급대원 결정의 법적 제한 등을 감안하여 소생술 중단기준만으로 소생중단을 결정하지 말아야 한다.

우리나라에서 병원 전 단계에서의 심폐소생술은 대부분 119구급대의 응급구조사와 간호사가 시행하고 있다. [119구급대원 현장 응급처치 표준 지침]에 현장에서의 소생술 유보와 중단을 할 수 있는 현장 상황을 정의하고 있으나 사망의 진단은 의사만이 할 수 있고, 소생술 유보, 중단 및 병원 이송 여부의 판단이 필요한 경우는 반드시 의사에게 직접의료지도를 요청하게 되어 있다(표 13). 아래의 현행법적 근거와 직접의료지도 요청 상황을 고려하여 국내 의료법과 환경상 구급대원 또는 응급구조사가 단독으로 소생술 중단을 결정할 수 없으므로, 의료지도 의사가 판단하여 최종적으로 결정하는 것을 고려하도록 했다.

표 13. 소생 중단 기준 적용 시 고려해야 할 국내 법적 근거

1) 구급지도 의사의 운영에 관한 규정(소방청훈령 제175호, 「119구조·구급에 관한 법률 시행령」 제 27조의2)에 따른 규정)
제6조 (직접의료지도) 구급대원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 소방기관에 근무 중인 직접의료지도의사 또는 이송할 병원의 의사에 의료지도를 요청하고, 부득이한 경우 구급지도의사에게 의료지도를 요청하여야 한다. 이 경우 구급대원은 각종 해당 일지(구급활동일지 등)에 의사성명 및 의료지도 내용 등을 반드시 기록하여 관리하여야 한다. 2항. 소생불능환자에 대해 소생술 유보 및 중단 여부의 판단이 필요한 경우
2) 119구급대원 현장응급처치 표준지침(2019년 11월 발행)
[소생술 유보] 1. 목적 ○ 회생 가능성이 없는 환자에 대한 소생술 유보지침을 구급대원에게 제공하여 응급의료자원을 효율적으로 운영하고, 재난 췌 범죄 대응 등에 도움이 되도록 한다. 2. 방침 ○ 과학적 근거와 사회적 통념 상 심폐소생술 제공이 효과가 없다고 판단될 때에는 소생술을 시행하지 아니할 수 있다. ○ 회복불능 상태를 판정하거나 예측하는 것은 매우 어렵기 때문에 예후가 불확실한 상황이라면 응급처치 및 소생술을 시작하고, 처치를 시행하는 동안 추가적으로 환자에 대한 정보를 수집하면서 직접 의료지도를 요청한다. ○ 구급대원은 소생술 유보의 판단이 필요한 경우(DNR* 등 포함) 반드시 의료지도를 요청하고 지도에 따르며, 심폐소생술을 시행하지 않는 경우 현장보존 및 경찰 등에 인계한다. * Do Not Resuscitation ○ 현장의 상황이 범죄와 연관(추정)이 된 경우 ‘범죄현장지침’을 따른다. ○ 소생술 유보가 가능한 현장 상황 － 심폐소생술을 시행하는 구급대원에게 심각한 위험이 초래될 수 있는 상황 － 사망의 명백한 임상적 징후가 있는 경우 ▶ 사후강직(2개 이상 관절 확인) ▶ 시반 ▶ 두부 또는 몸통의 절단 ▶ 뇌실질의 탈출 ▶ 부패(시취, 변색, 변형) － 다수사상자 발생 시 무맥, 무호흡(한정된 자원에서 생존자의 처치 및 이송이 우선 시 되어야 하는 경우) － 심폐소생술을 원하지 않는다는(DNR) 표시가 있거나, 법정대리인이 소생술 거부 의사를 표현하는 경우 3. 절차 및 방법 ○ 무반응·무맥·무호흡을 확인한다. ○ 심전도를 측정(패치 또는 3유도 심전도를 통해 측정)한다.

- 단, 다수사상자 발생 시 지연환자는 제외한다.
- 패치를 부착할 수 없는 경우(손상이 심한 경우 등)에는 객관적 증빙자료(사진 등) 및 상황을 기록지에 등록한다.

- 소생술 유보가 필요한 경우 직접 의료지도를 요청한다.
- 소생술 유보 시간, 장소, 환자평가 및 의료지도 내용 등을 정확히 기록한다.

4. 주의사항

- 사망의 진단은 의사만이 할 수 있으므로, 구급대원은 환자의 사망(소생술 유보, 소생술 중단 등)과 관련된 판단이 필요할 경우 반드시 의료지도를 요청한다.
- 노환, 만성질환(암, 심부전, 신부전 등) 등으로 환자가 집이나 요양원 등에서 임종을 맞이한 후, 법적 대리인이 소생술 등을 거부하고 단순히 병원 및 장례식장으로의 이송을 원하는 경우도 반드시 의료지도를 요청한다. 심폐소생술을 시행하지 않는 경우 현장보존 및 경찰 등에 인계한다.
- 환자를 사망에 이르게 한 정황(기저질환, 사망 전 환자 상태)이 명확하지 않은 경우 법적 대리인이 소생술 유보를 원하더라도 의료지도를 요청하며, 이송/미이송 여부는 지도의사가 판단하도록 한다.
- 사망은 범죄·상속 등 다양한 법적 문제와 연결된다는 것을 유념하고 직접·물리적 확인조치 없이 의견상 확인만 하여서는 아니 되며, “3. 절차 및 방법”의 절차를 모두 이행하도록 한다.

[소생술 중단]

1. 목적

- 회생 가능성이 없는 환자에게 제공 중인 소생술을 중단할 수 있는 지침을 구급대원에게 제공하여 응급의료자원을 효율적으로 운영할 수 있게 한다.

2. 방침

- 환자의 회생 가능성에 대한 판단이 조금이라도 불확실한 경우 응급처치 및 소생술을 계속한다.
- 응급환자의 사망에 대한 판단은 법적으로 의사만이 할 수 있으므로, 소생술
- 중단을 결정하는 경우 반드시 직접 의료지도를 받는다.
- 현장에서 소생술을 중단할 수 있는 상황
 - 구급대원이 소생술을 지속하기 어려운 위험한 상황에 노출되는 경우
 - 구급대원이 지쳐서 더 이상 소생술을 지속할 수 없는 경우
 - 소생술을 시작하였지만, 환자의 상태가 ‘소생술 유보 지침’에 부합하는 경우
 - 직접의료지도를 요청하여 ‘소생술 중단’의 의료지도를 받은 경우

3. 주의사항

- 저체온증, 익수(단, 신고시간부터 2시간 이상 경과된 경우 제외), 임신부, 18세 이하 환자에 대해서는 심폐소생술 중단을 지양하고 엄격하게 판단해야 한다.
- 현장에서 소생술을 중단하는 경우 이송/미이송의 판단은 지도의사가 결정하도록 한다. 미이송으로 결정된 경우 현장보존 및 경찰 등에 인계한다.
- 이송 중에 소생술을 중단하는 경우 지도의사의 지도를 받아 환자를 병원으로 이송하도록 한다.

참고문헌

1. Greif R, Bhanji F, Bigham BL, et al. Education, Implementation, and Teams: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A188–A239.
2. Morrison LJ, Gent LM, Lang E, et al. Part 2: Evidence Evaluation and Management of Conflicts of Interest: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(18 Suppl 2):S368–82.
3. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook. The GRADE Working Group, October 2013. (<http://www.guidelinedevelopment.org/handbook>)
4. Yang HJ, Kim GW, Cho GC, Tak YJ, Chung SP, Hwang SO. Part 8. Cardiopulmonary resuscitation education: 2015 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation. *Clin Exp Emerg Med* 2016;3(Suppl):S66–S8.
5. Berg KM, Cheng A, Panchal AR, et al. Part 7: Systems of Care: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142(16_suppl_2):S580–S604.
6. Cheng A, Magid DJ, Auerbach M, et al. Part 6: Resuscitation Education Science: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142(16_suppl_2):S551–s79.
7. Cheng A, Nadkarni VM, Mancini MB, et al. Resuscitation Education Science: Educational Strategies to Improve Outcomes From Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2018;138(6):e82–e122.
8. Søreide E, Morrison L, Hillman K, et al. The formula for survival in resuscitation. *Resuscitation* 2013;84(11):1487–93.
9. Ringh M, Fredman D, Nordberg P, Stark T, Hollenberg J. Mobile phone technology identifies and recruits trained citizens to perform CPR on out-of-hospital cardiac arrest victims

prior to ambulance arrival. *Resuscitation* 2011;82(12):1514–8.

10. Berglund E, Claesson A, Nordberg P, et al. A smartphone application for dispatch of lay responders to out-of-hospital cardiac arrests. *Resuscitation* 2018;126:160–5.

11. Leary M, McGovern SK, Chaudhary Z, Patel J, Abella BS, Blewer AL. Comparing bystander response to a sudden cardiac arrest using a virtual reality CPR training mobile app versus a standard CPR training mobile app. *Resuscitation* 2019;139:167–73.

12. Stroop R, Kerner T, Strickmann B, Hensel M. Mobile phone-based alerting of CPR-trained volunteers simultaneously with the ambulance can reduce the resuscitation-free interval and improve outcome after out-of-hospital cardiac arrest: A German, population-based cohort study. *Resuscitation* 2020;147:57–64.

13. Dyson K, Bray JE, Smith K, Bernard S, Straney L, Finn J. Paramedic Exposure to Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resuscitation Is Associated With Patient Survival. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2016;9(2):154–60.

14. Dane FC, Russell-Lindgren KS, Parish DC, Durham MD, Brown TD. In-hospital resuscitation: association between ACLS training and survival to discharge. *Resuscitation* 2000;47(1):83–7.

15. Honarmand K, Mephram C, Ainsworth C, Khalid Z. Adherence to advanced cardiovascular life support (ACLS) guidelines during in-hospital cardiac arrest is associated with improved outcomes. *Resuscitation* 2018;129:76–81.

16. Lerner EB, Rea TD, Bobrow BJ, et al. Emergency medical service dispatch cardiopulmonary resuscitation prearrival instructions to improve survival from out-of-hospital cardiac arrest: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012;125(4):648–55.

17. Kurz MC, Bobrow BJ, Buckingham J, et al. Telecommunicator Cardiopulmonary Resuscitation: A Policy Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(12):e686–e700.

18. Lewis M, Stubbs BA, Eisenberg MS. Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation: time to identify cardiac arrest and deliver chest compression instructions. *Circulation* 2013;128(14):1522–30.
19. Kwon JM, Lee Y, Lee Y, Lee S, Park J. An Algorithm Based on Deep Learning for Predicting In-Hospital Cardiac Arrest. *J Am Heart Assoc* 2018;7(13):e008678.
20. Kwon JM, Jeon KH, Kim HM, et al. Deep-learning-based out-of-hospital cardiac arrest prognostic system to predict clinical outcomes. *Resuscitation* 2019;139:84–91.
21. Soar J, Mancini ME, Bhanji F, et al. Part 12: Education, implementation, and teams: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2010;81 Suppl 1(1):e288–330.
22. Chamberlain D, Smith A, Woollard M, et al. Trials of teaching methods in basic life support (3): comparison of simulated CPR performance after first training and at 6 months, with a note on the value of re-training. *Resuscitation* 2002;53(2):179–87.
23. Oh JH, Lee SJ, Kim SE, Lee KJ, Choe JW, Kim CW. Effects of audio tone guidance on performance of CPR in simulated cardiac arrest with an advanced airway. *Resuscitation* 2008;79(2):273–7.
24. Rawlins L, Woollard M, Williams J, Hallam P. Effect of listening to Nellie the Elephant during CPR training on performance of chest compressions by lay people: randomised crossover trial. *BMJ* 2009;339:b4707.
25. Woollard M, Poposki J, McWhinnie B, Rawlins L, Munro G, O'Meara P. Achy breaky makey wakey heart? A randomised crossover trial of musical prompts. *Emerg Med J* 2012;29(4):290–4.
26. Nacca N, Holliday J, Ko PY. Randomized trial of a novel ACLS teaching tool: does it improve student performance? *West J Emerg Med* 2014;15(7):913–8.
27. Thorne CJ, Lockey AS, Bullock I, Hampshire S, Begum-Ali S, Perkins GD. E-learning in advanced life support—an evaluation by the Resuscitation Council (UK). *Resuscitation*

2015;90:79–84.

28. Couper K, Kimani PK, Davies RP, et al. An evaluation of three methods of in-hospital cardiac arrest educational debriefing: The cardiopulmonary resuscitation debriefing study. *Resuscitation* 2016;105:130–7.

29. Bleijenberg E, Koster RW, de Vries H, Beesems SG. The impact of post-resuscitation feedback for paramedics on the quality of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2017;110:1–5.

30. Kromann CB, Bohnstedt C, Jensen ML, Ringsted C. The testing effect on skills learning might last 6 months. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2010;15(3):395–401.

31. Merchant RM, Abella BS, Abotsi EJ, et al. Cell phone cardiopulmonary resuscitation: audio instructions when needed by lay rescuers: a randomized, controlled trial. *Ann Emerg Med* 2010;55(6):538–43.e1.

32. Hunt EA, Heine M, Shilkofski NS, et al. Exploration of the impact of a voice activated decision support system (VADSS) with video on resuscitation performance by lay rescuers during simulated cardiopulmonary arrest. *Emerg Med J* 2015;32(3):189–94.

33. Kelleher DC, Carter EA, Waterhouse LJ, Parsons SE, Fritzeen JL, Burd RS. Effect of a checklist on advanced trauma life support task performance during pediatric trauma resuscitation. *Acad Emerg Med* 2014;21(10):1129–34.

34. Nelson KL, Shilkofski NA, Haggerty JA, Saliski M, Hunt EA. The use of cognitive AIDS during simulated pediatric cardiopulmonary arrests. *Simul Healthc* 2008;3(3):138–45.

35. Nelson McMillan K, Rosen MA, Shilkofski NA, Bradshaw JH, Saliski M, Hunt EA. Cognitive Aids Do Not Prompt Initiation of Cardiopulmonary Resuscitation in Simulated Pediatric Cardiopulmonary Arrests. *Simul Healthc* 2018;13(1):41–6.

36. Ro YS, Shin SD, Song KJ, Hong SO, Kim YT, Cho SI. Bystander cardiopulmonary resuscitation training experience and self-efficacy of age and gender group: a nationwide community survey. *Am J Emerg Med* 2016;34(8):1331–7.

37. Hwang SO. The History of Cardiopulmonary Resuscitation. J Korean Soc Emerg Med 2012;23(2):161–7.
38. Kim SH, Nho WY, Lee MJ, et al. National Survey of Training Methodology between Experience and Needs for Laypersons' Cardiopulmonary Resuscitation. J Korean Soc Emerg Med 2015;26(6):534–42.
39. Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2020 Update: A Report From the American Heart Association. Circulation 2020;141(9):e139–e596.
40. Lee MJ, Hwang SO, Cha KC, Cho GC, Yang HJ, Rho TH. Influence of nationwide policy on citizens' awareness and willingness to perform bystander cardiopulmonary resuscitation. Resuscitation 2013;84(7):889–94.
41. Park SJ, Lee MJ, Park YS. Difference of Awareness and Barrier about Bystander Cardiopulmonary Resuscitation between Adult and Geriatric Population. J Korean Soc Emerg Med 2017;28(6):620–7.
42. Seo HI, Park YS, Lee MJ, et al. Willingness Variability of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation in Special Situations. J Korean Soc Emerg Med 2017;28(4):287–93.
43. White L, Rogers J, Bloomingdale M, et al. Dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation: risks for patients not in cardiac arrest. Circulation 2010;121(1):91–7.
44. Haley KB, Lerner EB, Pirralo RG, Croft H, Johnson A, Uihlein M. The frequency and consequences of cardiopulmonary resuscitation performed by bystanders on patients who are not in cardiac arrest. Prehosp Emerg Care 2011;15(2):282–7.
45. Moriwaki Y, Sugiyama M, Tahara Y, et al. Complications of bystander cardiopulmonary resuscitation for unconscious patients without cardiopulmonary arrest. J Emerg Trauma Shock 2012;5(1):3–6.
46. Tanaka Y, Nishi T, Takase K, et al. Survey of a protocol to increase appropriate implementation of dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation for out–of–hospital cardiac arrest. Circulation 2014;129(17):1751–60.

47. Choe MSP, Lee MJ. National survey of awareness and training experience of automated external defibrillator. *J Korean Soc Emerg Med* 2019;30(4):301–8.
48. Swor R, Khan I, Domeier R, Honeycutt L, Chu K, Compton S. CPR training and CPR performance: do CPR-trained bystanders perform CPR? *Acad Emerg Med* 2006;13(6):596–601.
49. Vaillancourt C, Kasaboski A, Charette M, et al. Barriers and facilitators to CPR training and performing CPR in an older population most likely to witness cardiac arrest: a national survey. *Resuscitation* 2013;84(12):1747–52.
50. Son JW, Ryoo HW, Moon S, et al. Association between public cardiopulmonary resuscitation education and the willingness to perform bystander cardiopulmonary resuscitation: a metropolitan citywide survey. *Clin Exp Emerg Med* 2017;4(2):80–7.
51. Clark JJ, Larsen MP, Culley LL, Graves JR, Eisenberg MS. Incidence of agonal respirations in sudden cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1992;21(12):1464–7.
52. Zijlstra JA, Beesems SG, De Haan RJ, Koster RW. Psychological impact on dispatched local lay rescuers performing bystander cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2015;92:115–21.
53. Malta Hansen C, Rosenkranz SM, Folke F, et al. Lay Bystanders' Perspectives on What Facilitates Cardiopulmonary Resuscitation and Use of Automated External Defibrillators in Real Cardiac Arrests. *J Am Heart Assoc* 2017;6(3):e004572.
54. Cheng A, Lockey A, Bhanji F, Lin Y, Hunt EA, Lang E. The use of high-fidelity manikins for advanced life support training—A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2015;93:142–9.
55. Girish M, Rawekar A, Jose S, Chaudhari U, Nanoti G. Utility of Low Fidelity Manikins for Learning High Quality Chest Compressions. *Indian J Pediatr* 2018;85(3):184–8.
56. McCoy CE, Rahman A, Rendon JC, et al. Randomized Controlled Trial of Simulation vs. Standard Training for Teaching Medical Students High-quality Cardiopulmonary Resuscitation. *West J Emerg Med* 2019;20(1):15–22.

57. Stellflug SM, Lowe NK. The Effect of High Fidelity Simulators on Knowledge Retention and Skill Self Efficacy in Pediatric Advanced Life Support Courses in a Rural State. *J Pediatr Nurs* 2018;39:21–6.
58. Lo BM, Devine AS, Evans DP, et al. Comparison of traditional versus high–fidelity simulation in the retention of ACLS knowledge. *Resuscitation* 2011;82(11):1440–3.
59. Bonnetain E, Boucheix JM, Hamet M, Freysz M. Benefits of computer screen–based simulation in learning cardiac arrest procedures. *Med Educ* 2010;44(7):716–22.
60. Lehmann R, Lutz T, Helling–Bakki A, Kummer S, Huwendiek S, Bosse HM. Animation and interactivity facilitate acquisition of pediatric life support skills: a randomized controlled trial using virtual patients versus video instruction. *BMC Med Educ* 2019;19(1):7.
61. Lehmann R, Thiessen C, Frick B, et al. Improving Pediatric Basic Life Support Performance Through Blended Learning With Web–Based Virtual Patients: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res* 2015;17(7):e162.
62. Dudzik LR, Heard DG, Griffin RE, et al. Implementation of a Low–Dose, High–Frequency Cardiac Resuscitation Quality Improvement Program in a Community Hospital. *Jt Comm J Qual Patient Saf* 2019;45(12):789–97.
63. Thomas EJ, Williams AL, Reichman EF, Lasky RE, Crandell S, Taggart WR. Team training in the neonatal resuscitation program for interns: teamwork and quality of resuscitations. *Pediatrics* 2010;125(3):539–46.
64. Bhanji F, Mancini ME, Sinz E, et al. Part 16: education, implementation, and teams: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122(18 Suppl 3):S920–33.
65. Greif R, Bhanji F, Bigham BL, et al. Education, Implementation, and Teams: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2020;142(16 Suppl 1):S222–s83.
66. Kurosawa H, Ikeyama T, Achuff P, et al. A randomized, controlled trial of in situ

pediatric advanced life support recertification ("pediatric advanced life support reconstructed") compared with standard pediatric advanced life support recertification for ICU frontline providers*. Crit Care Med 2014;42(3):610–8.

67. Patocka C, Cheng A, Sibbald M, et al. A randomized education trial of spaced versus massed instruction to improve acquisition and retention of paediatric resuscitation skills in emergency medical service (EMS) providers. Resuscitation 2019;141:73–80.

68. Anderson R, Sebaldt A, Lin Y, Cheng A. Optimal training frequency for acquisition and retention of high-quality CPR skills: A randomized trial. Resuscitation 2019;135:153–61.

69. Ernst KD, Cline WL, Dannaway DC, et al. Weekly and consecutive day neonatal intubation training: comparable on a pediatrics clerkship. Acad Med 2014;89(3):505–10.

70. Lin Y, Cheng A, Grant VJ, Currie GR, Hecker KG. Improving CPR quality with distributed practice and real-time feedback in pediatric healthcare providers – A randomized controlled trial. Resuscitation 2018;130:6–12.

71. Sullivan NJ, Duval–Arnould J, Twilley M, et al. Simulation exercise to improve retention of cardiopulmonary resuscitation priorities for in-hospital cardiac arrests: A randomized controlled trial. Resuscitation 2015;86:6–13.

72. Nishiyama C, Iwami T, Murakami Y, et al. Effectiveness of simplified 15-min refresher BLS training program: a randomized controlled trial. Resuscitation 2015;90:56–60.

73. Spooner BB, Fallaha JF, Kocierz L, Smith CM, Smith SC, Perkins GD. An evaluation of objective feedback in basic life support (BLS) training. Resuscitation 2007;73(3):417–24.

74. Griffin P, Cooper C, Glick J, Terndrup TE. Immediate and 1-year chest compression quality: effect of instantaneous feedback in simulated cardiac arrest. Simul Healthc 2014;9(4):264–9.

75. Zhou XL, Wang J, Jin XQ, Zhao Y, Liu RL, Jiang C. Quality retention of chest compression after repetitive practices with or without feedback devices: A randomized manikin study. Am J Emerg Med 2020;38(1):73–8.

76. Cortegiani A, Russotto V, Montalto F, et al. Use of a Real-Time Training Software (Laerdal QCPR®) Compared to Instructor-Based Feedback for High-Quality Chest Compressions Acquisition in Secondary School Students: A Randomized Trial. *PLoS One* 2017;12(1):e0169591.
77. Baldi E, Cornara S, Contri E, et al. Real-time visual feedback during training improves laypersons' CPR quality: a randomized controlled manikin study. *CJEM* 2017;19(6):480–7.
78. Hafner JW, Jou AC, Wang H, Bleess BB, Tham SK. Death before disco: the effectiveness of a musical metronome in layperson cardiopulmonary resuscitation training. *J Emerg Med* 2015;48(1):43–52.
79. Cheng A, Eppich W, Grant V, Sherbino J, Zendejas B, Cook DA. Debriefing for technology-enhanced simulation: a systematic review and meta-analysis. *Med Educ* 2014;48(7):657–66.
80. Møller TP, Hansen CM, Fjordholt M, Pedersen BD, Østergaard D, Lippert FK. Debriefing bystanders of out-of-hospital cardiac arrest is valuable. *Resuscitation* 2014;85(11):1504–11.
81. Wolfe H, Zebuhr C, Topjian AA, et al. Interdisciplinary ICU cardiac arrest debriefing improves survival outcomes*. *Crit Care Med* 2014;42(7):1688–95.
82. Pollack RA, Brown SP, Rea T, et al. Impact of Bystander Automated External Defibrillator Use on Survival and Functional Outcomes in Shockable Observed Public Cardiac Arrests. *Circulation* 2018;137(20):2104–13.
83. Hansen SM, Hansen CM, Folke F, et al. Bystander Defibrillation for Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Public vs Residential Locations. *JAMA Cardiol* 2017;2(5):507–14.
84. Katipoglu B, Madziala MA, Evrin T, et al. How should we teach cardiopulmonary resuscitation? Randomized multi-center study. *Cardiol J* 2019. <https://doi.org/10.5603/CJ.a2019.0092>.
85. Cho JW, Jung H, Lee MJ, et al. Preparedness of personal protective equipment and implementation of new CPR strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest in the

COVID-19 era. *Resuscitation Plus* 2020;3:100015.

86. Kim YT, Shin SD, Hong SO, et al. Effect of national implementation of utstein recommendation from the global resuscitation alliance on ten steps to improve outcomes from Out-of-Hospital cardiac arrest: a ten-year observational study in Korea. *BMJ Open* 2017;7(8):e016925.

87. Bradley SM, Liu W, Chan PS, et al. Duration of resuscitation efforts for in-hospital cardiac arrest by predicted outcomes: Insights from Get With The Guidelines – Resuscitation. *Resuscitation* 2017;113:128–34.

88. Dami F, Heymann E, Pasquier M, Fuchs V, Carron PN, Hugli O. Time to identify cardiac arrest and provide dispatch-assisted cardio-pulmonary resuscitation in a criteria-based dispatch system. *Resuscitation* 2015;97:27–33.

89. Tanaka Y, Taniguchi J, Wato Y, Yoshida Y, Inaba H. The continuous quality improvement project for telephone-assisted instruction of cardiopulmonary resuscitation increased the incidence of bystander CPR and improved the outcomes of out-of-hospital cardiac arrests. *Resuscitation* 2012;83(10):1235–41.

90. Hardeland C, Skåre C, Kramer-Johansen J, et al. Targeted simulation and education to improve cardiac arrest recognition and telephone assisted CPR in an emergency medical communication centre. *Resuscitation* 2017;114:21–6.

91. Clegg GR, Lyon RM, James S, Branigan HP, Bard EG, Egan GJ. Dispatch-assisted CPR: where are the hold-ups during calls to emergency dispatchers? A preliminary analysis of caller-dispatcher interactions during out-of-hospital cardiac arrest using a novel call transcription technique. *Resuscitation* 2014;85(1):49–52.

92. Vaillancourt C, Charette M, Kasaboski A, et al. Cardiac arrest diagnostic accuracy of 9-1-1 dispatchers: a prospective multi-center study. *Resuscitation* 2015;90:116–20.

93. Ro YS, Shin SD, Lee YJ, et al. Effect of Dispatcher-Assisted Cardiopulmonary Resuscitation Program and Location of Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Survival and

Neurologic Outcome. *Ann Emerg Med* 2017;69(1):52–61.e1.

94. Besnier E, Damm C, Jardel B, Veber B, Compere V, Dureuil B. Dispatcher–assisted cardiopulmonary resuscitation protocol improves diagnosis and resuscitation recommendations for out–of–hospital cardiac arrest. *Emerg Med Australas* 2015;27(6):590–6.

95. Zijlstra JA, Stieglis R, Riedijk F, Smeeke M, van der Worp WE, Koster RW. Local lay rescuers with AEDs, alerted by text messages, contribute to early defibrillation in a Dutch out–of–hospital cardiac arrest dispatch system. *Resuscitation* 2014;85(11):1444–9.

96. Perkins GD, Jacobs IG, Nadkarni VM, et al. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update of the Utstein Resuscitation Registry Templates for Out–of–Hospital Cardiac Arrest: a statement for healthcare professionals from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia); and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. *Circulation* 2015;132(13):1286–300.

97. Tuttle JE, Hubble MW. Paramedic Out–of–hospital Cardiac Arrest Case Volume Is a Predictor of Return of Spontaneous Circulation. *West J Emerg Med* 2018;19(4):654–9.

98. Weiss N, Ross E, Cooley C, et al. Does Experience Matter? Paramedic Cardiac Resuscitation Experience Effect on Out–of–Hospital Cardiac Arrest Outcomes. *Prehosp Emerg Care* 2018;22(3):332–7.

99. Rosen MA, Hunt EA, Pronovost PJ, Federowicz MA, Weaver SJ. In situ simulation in continuing education for the health care professions: a systematic review. *J Contin Educ Health Prof* 2012;32(4):243–54.

100. Al–Qahtani S, Al–Dorzi HM, Tamim HM, et al. Impact of an intensivist–led multidisciplinary extended rapid response team on hospital–wide cardiopulmonary arrests and

mortality. *Crit Care Med* 2013;41(2):506–17.

101. Avis E, Grant L, Reilly E, Foy M. Rapid Response Teams Decreasing Intubation and Code Blue Rates Outside the Intensive Care Unit. *Crit Care Nurse* 2016;36(1):86–90.

102. Beitler JR, Link N, Bails DB, Hurdle K, Chong DH. Reduction in hospital–wide mortality after implementation of a rapid response team: a long–term cohort study. *Crit Care* 2011;15(6):R269.

103. Chan PS, Khalid A, Longmore LS, Berg RA, Kosiborod M, Spertus JA. Hospital–wide code rates and mortality before and after implementation of a rapid response team. *JAMA* 2008;300(21):2506–13.

104. Subbe CP, Davies RG, Williams E, Rutherford P, Gemmell L. Effect of introducing the Modified Early Warning score on clinical outcomes, cardio–pulmonary arrests and intensive care utilisation in acute medical admissions. *Anaesthesia* 2003;58(8):797–802.

105. Hillman K, Chen J, Cretikos M, et al. Introduction of the medical emergency team (MET) system: a cluster–randomised controlled trial. *Lancet* 2005;365(9477):2091–7.

106. Moretti MA, Cesar LA, Nusbacher A, Kern KB, Timerman S, Ramires JA. Advanced cardiac life support training improves long–term survival from in–hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2007;72(3):458–65.

107. Pottle A, Brant S. Does resuscitation training affect outcome from cardiac arrest? *Accid Emerg Nurs* 2000;8(1):46–51.

108. Sodhi K, Singla MK, Shrivastava A. Impact of advanced cardiac life support training program on the outcome of cardiopulmonary resuscitation in a tertiary care hospital. *Indian J Crit Care Med* 2011;15(4):209–12.

109. Morrison LJ, Eby D, Veigas PV, et al. Implementation trial of the basic life support termination of resuscitation rule: reducing the transport of futile out–of–hospital cardiac arrests. *Resuscitation* 2014;85(4):486–91.

110. Rotering VM, Trepels–Kottek S, Heimann K, Brokmann JC, Orlikowsky T, Schoberer M.

Adult "termination-of-resuscitation" (TOR)-criteria may not be suitable for children – a retrospective analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24(1):144.

111. SOS-KANTO 2012 Study Group. A New Rule for Terminating Resuscitation of Out-of-Hospital Cardiac Arrest Patients in Japan: A Prospective Study. *J Emerg Med* 2017;53(3):345–52.

112. Goto Y, Funada A, Maeda T, Okada H, Goto Y. Field termination-of-resuscitation rule for refractory out-of-hospital cardiac arrests in Japan. *J Cardiol* 2019;73(3):240–6.

113. Lee DE, Lee MJ, Ahn JY, et al. New Termination-of-Resuscitation Models and Prognostication in Out-of-Hospital Cardiac Arrest Using Electrocardiogram Rhythms Documented in the Field and the Emergency Department. *J Korean Med Sci* 2019;34(17):e134.

114. Yoon JC, Kim YJ, Ahn S, et al. Factors for modifying the termination of resuscitation rule in out-of-hospital cardiac arrest. *Am Heart J* 2019;213:73–80.

115. Glober NK, Tainter CR, Abramson TM, Staats K, Gilbert G, Kim D. A simple decision rule predicts futile resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;142:8–13.

116. Morrison LJ, Verbeek PR, Vermeulen MJ, et al. Derivation and evaluation of a termination of resuscitation clinical prediction rule for advanced life support providers. *Resuscitation* 2007;74(2):266–75.

117. Mikkelsen S, Schaffalitzky de Muckadell C, Binderup LG, Lossius HM, Toft P, Lassen AT. Termination of prehospital resuscitative efforts: a study of documentation on ethical considerations at the scene. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2017;25(1):35.

2020년 한국심폐소생술 가이드라인

발행처 2021. 3.
발행처 질병관리청, 대한심폐소생협회
발행인 정은경(질병관리청장)
발간기관 정보 질병관리청 건강위해대응관 손상예방관리과
(28159) 충북 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명2로 187
(T) 043-719-7410, 7418, (F) 043-719-7429
대한심폐소생협회
(05836) 서울 송파구 법원로 127, 811호
(T) 02-393-0533 (F) 02-2084-3444
누리집 <https://www.kdca.go.kr/injury>

■ 질병관리청의 승인 없이 상업적인 목적으로 사용하거나 판매할 수 없습니다.

