대한응급의학회지 제 32 권 제 3 호(Supplement)
Volume 32, Number 3 (Supplement), June, 2021

□ 종 설 □
이차게재

Resuscitation

2020 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation. Part 3. Adult basic life support

제 3장 기본소생술

[1]한림대학교 의과대학 응급의학교실, [2]순천향대학교 부천병원 응급의학과, [3]고려대학교 의과대학 응급의학교실, [4]서울대학교 의과대학 응급의학교실, [5]한양대학교 의과대학 응급의학교실, [6]중앙대학교 의과대학 응급의학교실, [7]충남대학교병원 응급의학과, [8]울산대학교 의과대학 응급의학교실, [9]울산대학교 의과대학 마취통증의학교실, [10]연세대학교 의과대학 응급의학교실, [11]연세대학교 원주의과대학 응급의학교실, [12]가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실, [13]서울대학교 의과대학 소아과학교실, [14]경북대학교 의과대학 응급의학교실, [15]서울대학교 의과대학 내과학교실, [16]울산대학교 의과대학 소아청소년의학교실

조규종[1] · 김기운[2] · 김정윤[3] · 송경준[4] · 오재훈[5] · 오제혁[6] · 유 승[7] · 유승목[8] · 이은호[9] · 홍주영[10]
황성오[11] · 차경철[11] · 김영민[12] · 박준동[13] · 김한석[13] · 이미진[14] · 나상훈[15] · 김애란[16] · 정성필[10]
2020년 심폐소생술 가이드라인 기본소생술 위원회

2020년 한국 기본소생술 가이드라인은 기본소생술에 관한 과학적 근거를 바탕으로 도출된 의학적 권고이다. 심폐소생술 가이드라인을 제정하는 국제소생술교류위원회(International Liaison Committee on Resuscitation)의 2020년 과학적 합의와 치료 권고에 기반을 두었으며, 기본소생술 분야에서 발표한 연구논문을 추가적으로 고찰하였다.[1,2] 임상적 중요도가 높고 추가 고찰이 필요한 개정 항목에 대해 수용 개작 또는 하이브리드 형식으로 근거를 검토하였으며, 메타분석(meta-analysis) 또는 주제 범위 고찰(scoping review)을 이용하였다.

근거 수준 및 권고 등급

근거 수준은 미국심장협회의 정의를 사용하여 가장 높은 수준인 A로부터 가장 낮은 수준인 C로 구분되었다.[3] 근거 수준 A는 1개 이상의 고품질 무작위 대조군 연구, 고품질 무작위 대조군 연구 결과의 메타분석, 또는 고품질 등록 체계로부터 1개 이상의 무작위 대조군 연구에 의한 근거, 근거 수준 B-R (randomized)은 1개 이상의 중등도 품질 무작위 대조군 연구 또는 중등도 품질 무작위 대조군 연구 결과의 메타분석에 의한 근거, 근거 수준 B-NR (non-randomized)은 1개 이상의 잘 실행된 비무작위 관찰연구 또는 등록 체계로부터의 중등도 품질 근거, 잘 실행된 무작위 관찰연구 또는 등록 체계 연구의 메타분석 결과에 의한 근거, 근거 수준 C-LD (limited data)는 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과, 무작위 대조군 연구, 비무작위 관찰연구 또는 등록 연구로서 디자인과 실행에 제한점이 있는 연구결과의 메타분석 결과, 또는 인체에서의 생리학적 또는 기계적 연구에 의한 근거, 근거 수준 C-EO (expert opinion)는 전문가의 일치된 의견에 의한 근거를 말한다.

권고 등급은 GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) 방법에서의 권고에 따라 방향성(이익과 해)과 강도(강한 권고와 약한 권고)를 토대로 판단했으며, 미국심장협회에서 사용하는 3개의 범주로 구분하였다.[3,4] 권고 등급 I은 치료 또는 중재의 이익이 위험에 비해 매우 높은 경우(대부분의 의사가 해당 치료 또는 중재를 대부분의 환자에게 시행하는 것이 적절한 경우), 권고 등급 IIa는 치료 또는 중재가 일반적으로 유용한 경우(일부 중요한 예외가 있으나, 대부분의 의사가 해당 치료 또는 중재를 시행하는 것이 적절한 경우), 권고 등급 IIb는 치료 또는 중재가 긍정적인 효과가 있지만 근거가 명확하지 않은 경우, 권고 등급 III (no benefit)는 치료 또는 중재가 효과가 없는 경우(높은 수준의 연구에서 효과가 증명되지 않은 경우), 권고 등급 III (harm)는 치료 또는 중재가 이익보다는 위험이 더 높은 경우(해가 되는 경우)이다.

2020년 기본소생술 가이드라인 주요 변경 사항

1. 구급상황요원의 역할 강화

지역사회에서 구급상황요원(응급의료전화상담원)에 의한 심폐소생술 지원체계를 갖추는 것은 성인 심장정지 환자의 생존율 향상에 효과적일 수 있다(권고 등급 IIa, 근거

책임저자: 정 성 필
서울특별시 강남구 언주로 211
연세대학교 의과대학 응급의학교실
Tel: 02-2019-3030, Fax: 02-2019-4820
E-mail: emstar@yuhs.ac
접수일: 2021년 3월 8일, 게재승인일: 2021년 5월 4일

* 이 논문은 Clin Exp Emerg Med 2021, Vol. 8(S), S15-S250에 처음 보고된 연구에 기초한 것임.

수준 B-NR). 구급상황요원이 신고자로 하여금 성인 심장정지 환자에게 심폐소생술을 시행하도록 도와주는 것은 심장정지 환자의 생존에 효과적일 수 있다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR). 또한 구급상황요원이 응급 호출을 받았을 때 환자가 심장정지 상태인지를 신속하게 판단하기 위해 표준화된 알고리듬과 기준을 적용할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).

2. 기본소생술 중 일부 변경

구조자가 혼자이면서 휴대전화를 가지고 있는 경우, 구조자는 휴대전화의 스피커를 켜거나 핸즈프리 기능을 활성화시킨 후 즉시 심폐소생술을 시작하고 필요시 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 향상시키기 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 6분동안 시행한 후에도 순환이 회복되지 않는 경우에는 병원으로 이송을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 현장에서 전문소생술을 10분 동안 시행한 후에도 순환이 회복되지 않으면 병원으로의 이송을 고려하되, 직접 의료지도 의사의 판단에 따라 연장을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

4. 이물에 의한 기도폐쇄

이물에 의한 기도폐쇄 환자가 기침을 효과적으로 하지 못할 경우 우선적인 처치로 등 두드리기를 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 이물에 의한 기도폐쇄 환자가 기침을 효과적으로 하지 못할 경우 등 두드리기가 효과적이지 못할 때 복부밀어내기를 사용할 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

5. 익수 환자에 대한 소생술

익수 환자에게 목격자 심폐소생술을 할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수에 의한 심장정지 환자에게 구조자가 훈련을 받았고 시행 의지가 있는 경우, 인공호흡을 포함한 표준심폐소생술을 할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수에 의한 심장정지 환자에게 자동제세동기(automated external defibrillator, AED)의 사용을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수로 인한 심장정지 환자에게 물 속이나 구명보트 위에서의 심폐소생술은 적절한 장비를 갖춘 잘 훈련된 수상구조팀이라면 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

6. 코로나-19 감염에 대한 고려사항

코로나-19 유행상황에서 의료종사자는 소생술 중, 특히 에어로졸이 생성되는 시술 동안 개인 보호 장비를 사용할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 가슴압박과 심폐소생술이 에어로졸의 생성을 유발하여 감염 전파의 위험을 증가시킬 수 있으므로 의료종사자는 마스크, 장갑, 고글(보안경)을 포함한 적절한 개인보호장구를 착용할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). 제세동이 필요한 경우에는 감염 전파에 유의하면서 적극적으로 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). 가슴압박소생술은 감염 전파의 위험성이 낮지만 잠재적으로 에어로졸 생성의 가능성이 있으므로 가급적 환자의 입과 코를 가리고 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

상황별 기본소생술 알고리듬

2020년 한국 심폐소생술 가이드라인에서는 성인 심장정지 기본소생술 순서도(알고리듬)를 심장정지의 장소 및 구조자의 특성에 따라 병원밖 심장정지에 대한 일반인 구조자용, 의료종사자용과 병원내 심장정지용으로 구분하였다.

1. 병원밖 심장정지 일반인 구조자 알고리듬

일반인 구조자는 현장의 안전을 확인한 다음, 환자의 반응을 확인한다. 반응이 없으면 119 신고하고 자동심장충격기를 요청한 후 구급상황요원의 조언에 따른다. 환자의 호흡이 정상이면 관찰하며 구급대를 기다리고, 호흡이 없

거나 정상이 아니라면 가슴압박소생술을 시작한다. 인공호흡을 교육받았고 시행할 의지가 있다면 30:2로 가슴압박과 인공호흡을 시행한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 자동심장충격기가 도착하면 음성 지시에 따라 제세동을 시행한다. 심폐소생술은 구급대가 도착하거나 환자가 움직이거나 호흡이 정상화될 때까지 시행해야 한다(Fig. 1).

2. 병원밖 심장정지 의료종사자 알고리듬

기본적으로 일반인 구조자의 알고리듬과 동일하지만 반응이 없는 환자에 대해 구조요청을 한 다음 10초 이내로 맥박과 호흡을 동시에 확인한다. 맥박이 없고 호흡이 정상적이지 않으면 가슴압박과 인공호흡을 30:2의 비율로 반복 시행한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R). AED가 도착하면 2분마다 심장 리듬을 분석하면서 필요시 제세동을 시행한다. 직접의료지도가 가능하면 의료지도에 따라 행동하고, 현장 심폐소생술을 6분간 시행한 다음에는 병원으로의 이송을 고려한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO) (Fig. 2).

3. 병원내 심장정지 기본소생술 알고리듬

비정상 활력징후처럼 심장정지의 발생을 조기에 경고하는 징후를 사전에 인지함으로써 병동에서의 심장정지 발생을 예방하는 체계를 갖출 것을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 심장정지가 의심되면 반응을 확인하며, 반응이 없으면 응급코드를 발동하여 병원내 전문소생술팀

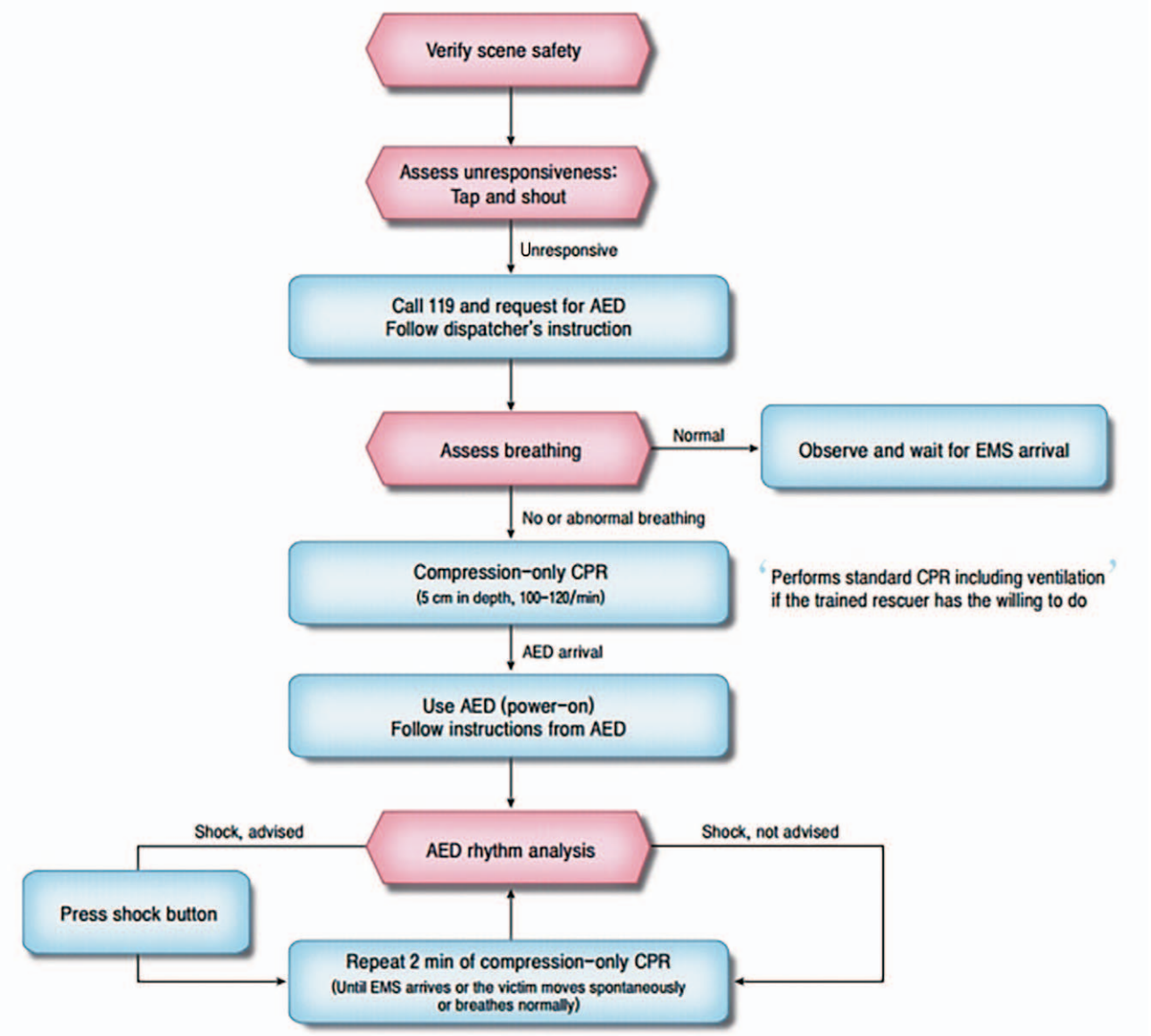

Fig. 1. 2020 Basic life support algorithm for adult out-of-hospital cardiac arrest for lay rescuers. AED, automated external defibrillator; EMS, emergency medical system; CPR, cardiopulmonary resuscitation.

을 호출한다. 이후의 과정은 병원밖 심장정지 의료종사자 알고리듬과 동일하며 심폐소생술은 전문소생술 팀이 도착할 때까지 시행한다(Fig. 3).

기본소생술 시행방법

1. 현장 안전과 반응 확인

환자에게 접근하기 전에 구조자는 현장의 안전을 확인한다. 안전하다고 판단되면 환자에게 다가가 어깨를 가볍게 두드리며 '괜찮으세요?' 라고 물어본다. 이때 환자의 반응이 없으면 119에 신고하며, 반응이 있고 진료가 필요한 상태이면 119에 연락을 한 다음 환자의 상태를 확인하면서 구급상황요원의 지시에 따른다.

2. 119 신고 및 전화도움 심폐소생술

심장정지 환자를 목격한 경우에는 주변에 큰 소리로 구조를 요청하여 다른 사람에게 119에 신고하도록 하는 등의 도움을 받을 수 있다. 주변에 아무도 없는 경우에는 구조자가 직접 119에 신고한다. 119에 신고할 때에는 환자 발생 장소, 발생 상황, 발생한 환자 수와 환자의 상태 등을 설명

Fig. 2. 2020 Basic life support algorithm for adult out-of-hospital cardiac arrest for healthcare providers. AED, automated external defibrillator; CPR, cardiopulmonary resuscitation; CV, compression-ventilation.

한다.[5] 만약에 신고자가 심폐소생술을 전혀 배우지 않았거나 하는 방법을 잊은 경우라면 구급상황요원의 지시에 따라야 하며, 이를 효율적으로 하기 위해서 스피커 통화나 핸즈프리를 사용하는 것이 바람직하다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR). 지역별로 구급상황요원에 의한 전화도움 심폐소생술 지원체계를 갖출 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR). 또한 구급상황요원이 환자가 심정지 상태인지를 신속하게 판단하기 위해 표준화된 알고리듬과 기준을 적용할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).

구급상황요원은 먼저 발생 위치를 파악하여 구급대를 출동시켜야 한다. 환자가 의식이 없으면서 호흡이 없거나 비정상이라면 심장정지 상태를 의심하고(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD), 표준화된 '전화도움 심폐소생술'을 지도해야 한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR). 전화도움 심폐소생술은 일반인 목격자의 심폐소생술 시행률을 높이고 결과적으로 심장정지 환자의 생존율을 증가시킨다.[6,7] 따라서 구급상황요원의 전화도움 심폐소생술 시행을 질 관리 지표로 검토하고 지속적으로 교육하여야 한다.[8,9]

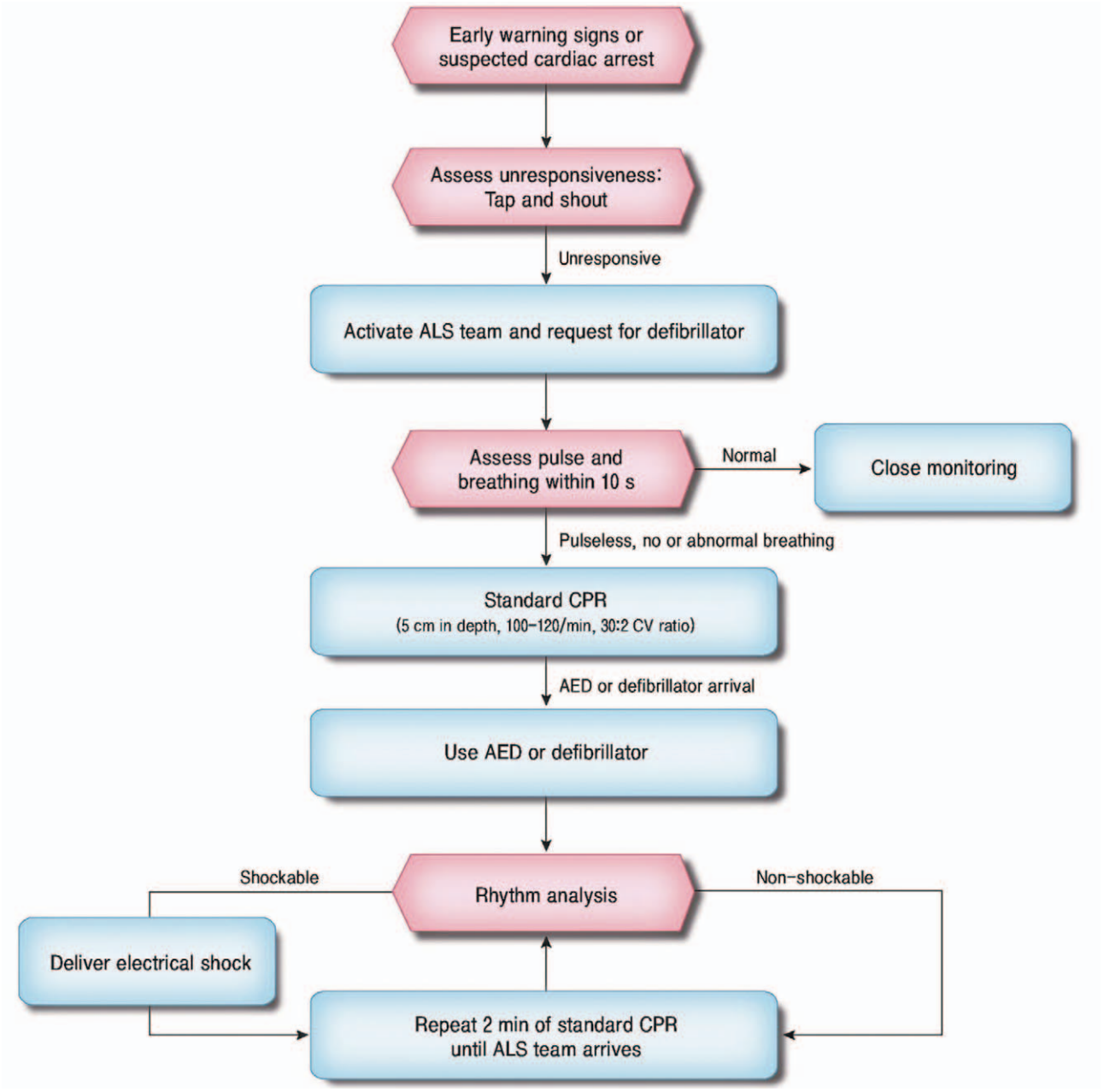

Fig. 3. 2020 Basic life support algorithm for adult in-hospital cardiac arrest. ALS, advanced life support; CPR, cardiopulmonary resuscitation; CV, compression-ventilation; AED, automated external defibrillator.

3. 호흡과 맥박 확인

심정지 호흡은 심장정지 발생 초기에 나타날 수 있으며, 느리고 불규칙하게 헐떡거리는 양상의 비정상적인 호흡으로 구조자가 심장정지 상태가 아니라고 오판하는 이유가 될 수 있다.[10-12] 일반인은 119 신고와 자동심장충격기 요청 후 구급상황요원의 안내에 따라 호흡의 유무 및 비정상 여부를 판별해야 하며, 호흡이 없거나 정상이 아니면 심장정지로 판단하고 즉시 가슴압박을 시작해야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD). 의료종사자는 119 신고와 AED 요청 후 맥박과 호흡의 유무 및 비정상 여부를 10초 이내에 함께 판별해야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD). 맥박 확인은 의료종사자에게도 어렵고 부정확한 것으로 알려졌으며, 너무 많은 시간을 소요하는 것으로 나타났다.[13] 따라서 심장정지가 의심이 되는 경우에 일반인은 맥박 확인을 하지 않고 바로 가슴압박을 시행하도록 권고한다.[14]

4. 가슴압박

효과적인 가슴압박은 심폐소생술 동안 심장과 뇌로 충분한 혈류를 전달하기 위한 필수적인 요소이다. 가슴압박으로 혈류를 효과적으로 유발하려면, 성인 가슴뼈(흉골)를 이등분하였을 때 아래쪽 하부의 중간부위를 강하게 규칙적으로, 그리고 빠르게 압박해야 한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).[15,16] 성인 심장정지의 경우 압박 깊이는 약 5 cm (권고 등급 I, 근거 수준 B-NR), 가슴압박의 속도는 분당 100-120회를 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).[1] 몇몇 연구에서 가슴압박 깊이가 최소 5 cm 이상일 때 4 cm 미만인 경우에 비해 치료결과가 향상되는 것으로 확인되었다.[17,18] 압박 깊이가 6 cm를 넘는 경우에는 합병증의 발생이 증가될 가능성이 있다. 가슴압박 후에는 다음 가슴압박을 위한 혈액이 심장에 충분히 채워지도록 가슴의 이완을 최대로 할 것을 제안한다.[19] 이는 환자의 가슴이 완전히 이완되지 못할 경우 흉강내 압력이 증가됨에 따라 심장동맥관류압이 감소되기 때문이다.[20] 전체 심폐소생술 시간 중 가슴압박에 소요되는 시간의 비율인 가슴압박 분율(chest compression fraction)이 증가되면 치료 결과가 향상되며, 제세동 전후 가슴압박 중단 시간이 짧을수록 자발순환회복률이 높은 것으로 보고되었다.[21] 따라서 가슴압박이 최대한으로 이루어지기 위해 가슴압박이 중단되는 기간과 빈도를 최소한으로 줄이는 것이 바람직하다. 성인 심장정지 환자에서 가슴압박과 인공호흡의 비율은 30:2로 시행할 것을 제안한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R).[22] 또한, 심폐소생술 시작 1.5-3분부터 가슴압박의 깊이가 얕아지므로 매 2분(또는 30:2 기본소생술 5주기)마다 가슴압박을 시행하는 구조자를 교대하는 것이 구조자의 피로도를 줄이고 고품질의 가슴압박을 제공하는데 도움이 될 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).[14]

매트리스처럼 부드러운 표면에서 심폐소생술을 시행할 경우에는 가슴과 바닥이 함께 눌리게 되므로 가슴압박의 깊이를 감소시킬 수 있다.[23] 그러므로 가능하면 단단한 바닥에서 가슴압박을 수행하는 것이 바람직하다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).[24] 병원내 심장정지 환자가 침대에 누워있는 경우 가능하면 매트리스와 환자의 등 사이에 백보드(backboard)를 끼워 넣고 가슴압박을 시행할 것을 권고한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 침대의 매트리스에 단단함(stiffness)을 증가시키는 모드가 있을 경우(예, 심폐소생술 전용 침대) 활성화하여 사용할 수 있지만 가슴압박 깊이를 개선하기 위해 환자를 침대에서 바닥으로 옮기지는 않도록 한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).

5. 가슴압박소생술 등 기타 소생술

인공호흡 없이 가슴압박만 시행하는 가슴압박소생술은 구조자가 심폐소생술 훈련을 받지 않은 일반인이거나 인공호흡을 제공할 의사가 없을 경우에 사용될 수 있다. 일반인 구조자를 대상으로 가슴압박소생술을 적극적으로 보급한 결과, 신경학적으로 양호한 생존율이 향상되었으며, 이와 같은 결과는 일반인 구조자의 심폐소생술 실시율이 증가되었기 때문인 것으로 보고되었다.[25] 그러나, 몇몇 관찰 연구에서는 가슴압박과 인공호흡을 함께 제공하는 표준심폐소생술이 가슴압박소생술에 비해 더 좋은 결과를 보인 반면,[25,26] 일부 연구에서는 두 방법 간에 차이가 없었다.[27,28] 그러므로 구조자가 적절한 교육을 받은 경우에는 가슴압박과 인공호흡을 함께 시행할 수 있도록 격려하는 것이 바람직하다. 특히 심장정지의 원인이 질식일 경우에는 가슴압박소생술 시간이 길어질수록 표준심폐소생술에 비해 치료 효과가 떨어지는 것으로 알려졌다.[26] 따라서, 구급대원을 포함한 의료종사자는 표준심폐소생술을 시행하는 것이 바람직하다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD).

심장정지 상황에서는 기침심폐소생술을 시행하지 않도록 한다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD). 다만, 예외적으로 심혈관조영술 시행 중일 때와 같이 병원내에서 심전도와 혈압 등을 감시하는 도중에 심장정지가 임박한 경우, 환자의 의식이 명료하게 유지되는 상황에서 표준심폐소생술 또는 제세동이 시행되기 전에 기침심폐소생술을 고려해볼 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 심장정지 상황에서는 전흉부가격이나 주먹조율을 시행하지 않도록 권고한다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD). 가슴압박 중에 허상제거알고리듬을 통한 심전도 리듬 분석을 일상적으로 사용하지 말 것을 제안한다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD).

6. 기도유지 및 인공호흡

인공호흡을 시행하기 위해서는 먼저 머리기울임-턱들

어올리기(head tilt-chin lift) 방법을 사용하여 환자의 기도를 개방해야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-EO). 경추 손상이 의심되는 경우에는 머리를 신전시키지 않는 턱밀어올리기(jaw thrust) 방법을 사용하여 기도를 확보한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-EO). 만약 이 방법이 기도확보에 적절하지 못한 경우에는 적절한 환기를 제공하기 위해 머리기울임-턱들어올리기 방법을 적용해야 한다. 그러나 일반인 구조자에게는 교육 및 시행의 어려움으로 인해 턱밀어올리기를 권장하지 않는다.

심폐소생술에 의한 심장박출량은 정상의 약 1/4에서 1/3 정도에 불과하기 때문에 정상적인 일회 호흡량이나 호흡수보다 더 적은 환기를 시행하는 것이 바람직하다.[29] 따라서 성인 심폐소생술 중에는 환자의 가슴 팽창이 눈으로 관찰될 정도인 500-600 mL (6-7 mL/kg)의 일회 호흡량을 제공하도록 한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-LD). 과도한 환기는 위 팽창으로 인한 흡인 같은 합병증을 유발할 수 있으며, 흉강내 압력을 증가시키고 심장으로의 정맥혈 환류를 저하시켜 심박출량을 감소시키므로 피해야 한다.[29]

1) 입-입 인공호흡

먼저 환자의 기도를 개방하고, 환자의 코를 막은 다음 구조자의 입을 환자의 입에 완전히 밀착시킨다. 이후 구조자의 평상 시 호흡과 같은 양의 호흡량을 1초 동안 환자에게 불어넣는다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 30회 가슴압박과 2회 인공호흡을 반복하며, 인공호흡을 시행할 때에는 가슴압박을 멈추어야 한다. 인공호흡의 양을 많게 하거나 자주하는 과환기는 피하여야 한다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD).

2) 백마스크 인공호흡

백마스크 인공호흡을 능숙하게 시행하기 위해서는 상당한 연습이 필요하며, 혼자서 심폐소생술을 시행하는 경우에는 권장하지 않는다. 백마스크는 2인 이상의 구조자가 사용할 때 효과적이며, 한 명이 환자의 기도를 확보하고 얼굴에 마스크를 밀착시키는 동안 다른 구조자는 1초 동안 백을 눌러 약 500-600 mL의 일회 호흡량으로 인공호흡을 시행한다. 전문기도기(성문상 기도기 또는 기관 삽관)로 기도가 확보되기 전까지는 30회 가슴압박과 2회 인공호흡을 반복한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-R). 전문기도기가 삽관된 후에는 가슴압박을 중단하지 않고 분당 100-120회의 속도로 가슴압박을 시행하며, 인공호흡은 6초마다 1회씩(분당 10회) 시행한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

7. 현장 심폐소생술 시간

심장정지 현장에서 구조자는 구급대가 도착할 때까지, 병원내 심장정지의 경우에는 원내 전문소생술 팀이 도착할 때까지 기본소생술을 시행하는 것을 권고한다. 의료종사자의 경우 현장에서 6분(2분씩 3주기의 심폐소생술) 동안 소생술을 시행한 후에도 반응이 없으면 병원으로의 이송을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 전문소생술이 가능한 경우 현장에서 10분 동안 소생술을 시행한 후에도 순환회복이 되지 않으면 이송을 고려하되, 직접 의료지도 의사의 판단에 따라 소생술 시행시간의 연장을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO).[30,31]

AED의 적용

갑자기 발생된 심장정지는 심실세동에 의해 유발되는 경우가 많으며, 심실세동의 가장 중요한 치료는 전기적 제세동이다.[32] 제세동의 성공률은 심실세동 발생 직후부터 1분마다 7-10%씩 감소되므로, 제세동은 심장정지 현장에서 신속하게 시행되어야 한다.[33] AED는 심장정지 환자의 심전도를 자동으로 분석하여 사용자가 제세동을 시행할 수 있도록 유도하는 장비이며, 일반인에게는 자동심장충격기로 알려져 있다.

1. 일반인 제세동 프로그램

병원밖 심장정지 환자의 생존율을 증가시키기 위해 공공장소에 AED를 설치하고, 일반인에게 필요시 AED를 사용하도록 교육하는 일반인 제세동(public access defibrillation, PAD) 프로그램이 세계적으로 시행되고 있다.[34] PAD 프로그램의 목적은 심장정지 발생 위험이 높은 장소에 AED와 훈련된 일반인을 미리 배치하여 심장정지 환자에게 목격자 심폐소생술과 제세동 처치가 신속하게 시행되도록 함으로써 생존율을 증가시키는 것이다.[35] PAD 프로그램은 제세동까지의 시간을 단축시킴으로써 병원밖 심장정지 환자의 생존율과 신경학적 예후를 향상시키는 것으로 보고되었다.[36] 이에 우리나라에서도 PAD 프로그램을 지속적으로 추진할 것을 권고한다(권고 등급 I, 근거 수준 B-NR).

2. 성공적인 PAD 프로그램의 조건

병원밖 심장정지는 과거에 심장정지 환자가 발생했던 장소에서 다시 발생할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다.[34] 이에 따라 일부 PAD 프로그램은 2년 이내에 한 번 이상 병원밖 심장정지 환자가 발생한 장소를 대상으로 시행되었다.[35,37] 2015년 유럽소생위원회에서는 최근 5년 이내에 한 번이라도 병원밖 심장정지 환자가 발생된 장소에 AED를 설치할 것을 권고하였다.[38] 그러나 아직까지 심장정지 발생 위험이 높은 장소에 대한 명확한 기준은 없으며 향후 적절한 AED의 설치 숫자 및 효과적인 배치 전략 등에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

실제 상황에서 일반인 목격자에 의해 AED가 적용되는 비율은 매우 낮은 것으로 보고되고 있다.[39,40] AED의 활용도를 높이기 위해서는 AED의 적절한 배치와 더불어 목격한 구조자가 주변에 비치된 AED를 쉽게 찾아서 사용할 수 있어야 한다. 이를 위해 일부 지역에서는 AED를 등록하여 관리함으로써 일반인 구조자에게 AED의 위치정보를 인터넷이나 지리정보 시스템을 활용하여 제공하고 있다.[41,42] 따라서 구급상황요원이 심장정지 현장 주변에 설치된 AED의 위치를 확인하고, 스마트폰 앱이나 문자메시지 시스템을 활용하여 주변에 있는 사람들에게 구조를 요청하는 체계를 수립하는 것이 바람직하다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR).[43] 이와 같이 PAD 프로그램이 성공하기 위해서는 심장정지 발생 위험이 높은 장소에 AED를 적절히 배치하고, 심장정지 현장에 훈련된 구조자와 AED가 신속하게 도착하여 응급처치를 시행할 수 있도록 초기 대응 계획이 수립되어 있어야 하며, 반복적인 교육 및 훈련이 시행되어야 한다.[44] 또한 AED는 언제라도 사용이 가능하도록 작동상태, 배터리 성능, 패드의 상태와 유효기간 등이 주기적으로 점검되어야 한다.[44]

3. AED 사용 방법

먼저 AED를 심폐소생술에 방해가 되지 않는 위치에 두고 전원버튼을 누른다. 환자의 상의를 벗긴 후에, 두 개의 패드를 포장지에 그려져 있는대로 환자의 맨 가슴에 단단히 부착한다. AED를 적용하는 동안에도 심폐소생술은 계속 시행되어야 한다(권고 등급 I, 근거 수준 C-LD). AED가 심장정지 환자의 심전도를 분석하는 동안에는 환자와의 접촉을 피한다. 제세동이 필요한 경우라면 음성 또는 화면 메시지와 함께 AED가 스스로 제세동 에너지를 충전한다. 이후에 안전을 위하여 심장정지 환자와 접촉한 사람이 없음을 확인한 뒤에 제세동 버튼을 누른다. 제세동 처치를 시행 받은 후 심장정지 환자의 심장 리듬은 종종 무수축 및 무맥성전기활동과 같은 비관류 심장리듬으로 전환된다. 그러므로 구조자는 제세동 시행 직후에 즉시 가슴압박을 다시 시작하여 가슴압박 중단 시간을 최소화하는 것이 바람직하다(권고 등급 IIb, 근거 수준 B-R). AED는 2분마다 환자의 심전도를 자동으로 분석하여 제세동의 필요성을 판단한다. 그러므로 구조자는 119구급대가 현장에 도착하거나 환자가 회복되어 깨어날 때까지 심폐소생술과 제세동을 반복 시행해야 한다. 숙련된 의료종사자는 AED를 수동 모드로 사용할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).

4. 소아에서 AED의 사용

8세 미만의 소아에서는 성인에 비해 다양한 원인에 의해 심장정지가 유발된다.[45] 소아 심장정지 환자의 초기 심전도의 5-15%는 심실세동인 것으로 보고되고 있으며, 이 경우에는 성인과 마찬가지로 제세동을 시행해야 한다.[46] 소아에게는 성인에 비해 적은 에너지인 2-4 J/kg로 제세동을 하는 것이 권장되며, 일부 AED는 성인용 패드를 소아용 패드로 교체하거나 소아용 열쇠를 꽂음으로써 제세동 에너지를 줄이도록 설계되어 있다.[47,48] 그러므로 8세 미만의 소아 심장정지 환자에게는 가능한 소아 제세동 용량으로 변경시킨 뒤에 AED를 적용하는 것이 바람직하며, 구비되어 있지 않은 경우에는 성인용 AED를 그대로 적용할 수 있다. 1세 미만의 영아에게는 수동제세동기를 적용하는 것이 바람직하지만 구비되어 있지 않은 경우에는 소아 제세동 용량으로 변경시킨 뒤에 AED를 적용한다.[49] 소아용 패드나 에너지 용량 조절장치가 구비되어 있지 않는 경우에는 1세 미만의 영아에게도 성인용 제세동기를 적용할 수 있다.

이물에 의한 기도폐쇄

환자가 가벼운 기도폐쇄 증상을 보이면서 기침을 하고 있다면, 환자의 자발적인 기침과 숨을 쉬기 위한 노력을 방해하지 않아야 한다. 2020년 국제소생술교류위원회는 의식이 있는 1세 이상의 소아와 성인 기도폐쇄 환자에게 우선적인 처치로 등 두드리기(back slap)를 권고하였다.[50,51] 따라서 심각한 기도 폐쇄의 징후를 보이며 효과적으로 기침을 하지 못하는 성인이나 1세 이상의 소아 환자를 발견하면 등 두드리기를 5회 시행한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 만약, 등 두드리기가 효과적이지 못할 경우에는 복부밀어내기(하임리히법)를 5회 시행하며, 기도 폐쇄의 징후가 해소되거나 환자가 의식을 잃기 전까지 등 두드리기와 복부밀어내기를 반복한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 다만, 임산부나 고도 비만 환자의 경우에는 등두드리기를 시행한 후 이물이 제거되지 않으면, 복부밀어내기 대신 가슴밀어내기(chest thrust)를 시행한다. 성인 환자가 의식을 잃으면 구조자는 환자를 바닥에 눕히고 심폐소생술을 시행한다.[52]

의식이 없는 환자의 입안에 이물질이 보이는 경우 구조자는 이물을 손가락으로 제거하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 하지만, 이물이 보이지 않는 경우에는 손가락을 이용하여 훑어내기를 시행하는 것은 권고하지 않는다(권고 등급 III, 근거 수준 C-LD).[53] 손으로 제거하기 힘든 이물질인 경우에는 적절히 훈련된 의료종사자가 후두경과 마질 겸자(Magill forcep) 등의 기구를 사용하여 제거할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).[54]

익수 환자에 대한 소생술

최근 목격자에 의한 인공호흡 시행이 익수로 인한 심장

정지 환자의 생존율과 신경학적 예후를 향상시킨다는 결과가 보고되었다.[55] 따라서 익수로 인한 심장정지 환자를 발견하였을 때 목격자가 훈련되어 있고 인공호흡을 실시하는데 거부감이 없다면, 표준심폐소생술을 실시하는 것이 바람직하다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수 상태의 심장정지 환자가 물속에 있을 때 물속에서 인공호흡을 시행하는 것은 기술적으로 어렵고 체력이 소모된다.[56,57] 다만, 물속에서 의식과 호흡이 없는 환자를 물가에 데려가기 전 1분 동안 인공호흡을 시행한 경우에 생존퇴원율과 신경학적 예후가 모두 좋았다는 임상 연구 결과가 있어서 충분한 훈련을 받은 구조요원이 적절한 장비를 사용한다면 물속에서 소생술(인공호흡)을 시작하는 것을 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).[58] 마찬가지로 적절한 장비를 갖춘 잘 훈련된 수상구조팀이라면 구명보트 위에서 심폐소생술을 시행하는 것도 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD). 익수에 의한 심장정지의 흔한 원인은 저산소증이지만, 일부 환자에서는 심장 부정맥에 의한 경우도 있기 때문에 AED 사용도 고려할 수 있다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-LD).[59]

익수 환자의 예후를 판단할 때는 침수 시간을 예후 지표로 사용할 것을 권고한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 B-NR). 반면 환자의 연령, 담수 등 물의 성상, 수온, 목격 여부, 구급대 반응시간 등을 예후 결정 인자로 사용하지 않을 것을 제안한다(권고 등급 III, 근거 수준 B-NR).

심폐소생술과 관련된 윤리

심폐소생술과 관련된 개별 환자의 의사와 자기결정권은 존중되어야 한다. 하지만 심폐소생술은 지체없이 시행되어야 하므로 불필요한 경우 혹은 원치 않는 경우에도 시행되는 결과를 초래할 수 있다.[60,61] 일반적으로 심장정지 환자에게는 즉시 심폐소생술을 제공해야 하지만, 심폐소생술을 유보해야 하는 다음의 몇 가지 예외사항이 있다.[62] 첫째, 구조자가 심각한 손상을 입을 위험에 놓여 있는 경우, 둘째, 사후경직, 시반, 신체절단, 부패처럼 사망의 확실한 임상적 징후가 있는 경우, 셋째, 심폐소생술을 원하지 않는다는 의학적 지시 또는 표식이 있는 경우 등이 해당된다.

일단 기본소생술을 시작한 구조자는 다음 중 한 가지의 경우에 해당될 때까지는 심폐소생술을 계속해야 한다.[63] 첫째, 응급의료종사자에게 치료 인계, 둘째, 자발순환회복, 셋째, 구조자가 지치거나 위험한 상황에 처한 경우, 넷째, 심폐소생술 시행 중에 심폐소생술 유보의 조건이 확인된 경우 등이다.

코로나-19 유행과 관련된 고려사항

심폐소생술을 시행할 때는 환자와 구조자가 접촉하게 되므로 감염 전파의 가능성이 있으며, 실제로 구조자가 사스(severe acute respiratory syndrome)[64], 메르스(Middle East respiratory syndrome)[65], 중증열성혈소판감소증후군(severe fever with thrombocytopenia syndrome)[66] 등에 감염된 사례가 보고되었다. 하지만 심폐소생술에 포함된 술기의 종류에 따라 감염 전파의 위험도는 차이가 있으며 적절한 보호장구를 착용하는 등의 예방 조치를 취한다면 감염에 대한 우려없이 기본소생술을 시행할 수 있다.

1. 감염 전파 기전과 보호장구

코로나-19 바이러스인 severe acute respiratory syndrome coronavirus-2가 전파되는 주된 기전은 감염성 호흡기 분비물이나 공기 부유 입자에 의한 것으로 환자로부터 직접 전파되거나 오염된 물체에 접촉하는 것이다. 비말은 환자의 1-2 m 이내의 물체에 오염되어 72시간 정도까지 생존 가능하며 공기 부유 입자는 상당기간 공기중에 떠다닐 수 있다.[67] 일반적으로 전신 가운, 장갑, 마스크, 고글(보안경)을 착용함으로써 직접적인 비말 전파에 의한 감염을 예방할 수 있으며, 비말보다 작은 공기 부유 입자를 차단하기 위해서는 N95 마스크가 필요하다. 현재까지의 근거로는 가슴압박 또는 제세동 자체만으로는 감염 전파의 위험을 증가시키지 않는다고 간주하는 경향이다. 그러나 인공호흡과 같이 환자의 입을 열어야 하는 술기는 비말 생성이 가능한 술기로 생각해야 한다.

2. 일반인을 위한 코로나-19 알고리듬

일반인 구조자는 심폐소생술을 시작할 때 감염 차단을 위해 마스크를 착용하여야 한다. 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 씌우거나 코와 입을 천이나 수건으로 덮을 것을 권장한다(권고 등급 IIb, 근거 수준 C-EO). 일반인의 경우 감염 위험을 줄이기 위해 인공호흡은 시행하지 않고 가슴압박만 시행하도록 권장한다. 제세동이 필요한 경우에는 감염 전파에 유의하면서 적극적으로 시행할 것을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). 심폐소생술을 마친 후 구조자는 국가 방역 수칙에 따라 가능한 빨리 비누와 물로 손을 깨끗이 씻거나 알코올 기반의 손소독제로 손을 소독하여야 하며 옷을 갈아입을 것을 권장한다. 또한 지역 보건당국에 연락하여 코로나-19 검사와 자가격리 여부 등을 확인한다(Fig. 4).

3. 의료종사자를 위한 코로나-19 알고리듬

심폐소생술을 직업적으로 시행하는 의료종사자는 개인보호장구의 착,탈의 훈련을 받고 적절한 장비를 지급받을 수 있어야 한다. 의료종사자들은 코로나 유행시기에도 가슴압박과 인공호흡을 30:2로 반복하는 표준심폐소생술을 시행하는 것을 권장하며, 보호를 위해 공기 전파를 차단할 수 있는 마스크, 장갑, 고글 등을 포함한 적절한 개인보호장구 착용을 권장한다(권고 등급 IIa, 근거 수준 C-EO). N95 마스크를 착용하면 구조자의 피로도가 증가하고 가슴압박의 품질이 저하된다고 한다.[68] 따라서 가능하다면 기계식 압박장치를 사용하거나 가슴압박 시행자의 교대 주기를 줄이도록 한다. 인공호흡은 백마스크를 사용하되 가능하다면 헤파필터(high efficiency particulate air filter, HEPA)를 연결한다.[69] 백마스크는 두 손을 이용하여 환자의 얼굴에 밀착시켜야 하며 이를 위해 두 명의 구조자가 인공호흡에 필요하다. 백마스크 사용이 익숙하지 않거나 인공호흡의 시행을 원하지 않는 경우에는 산소 마스크를 환

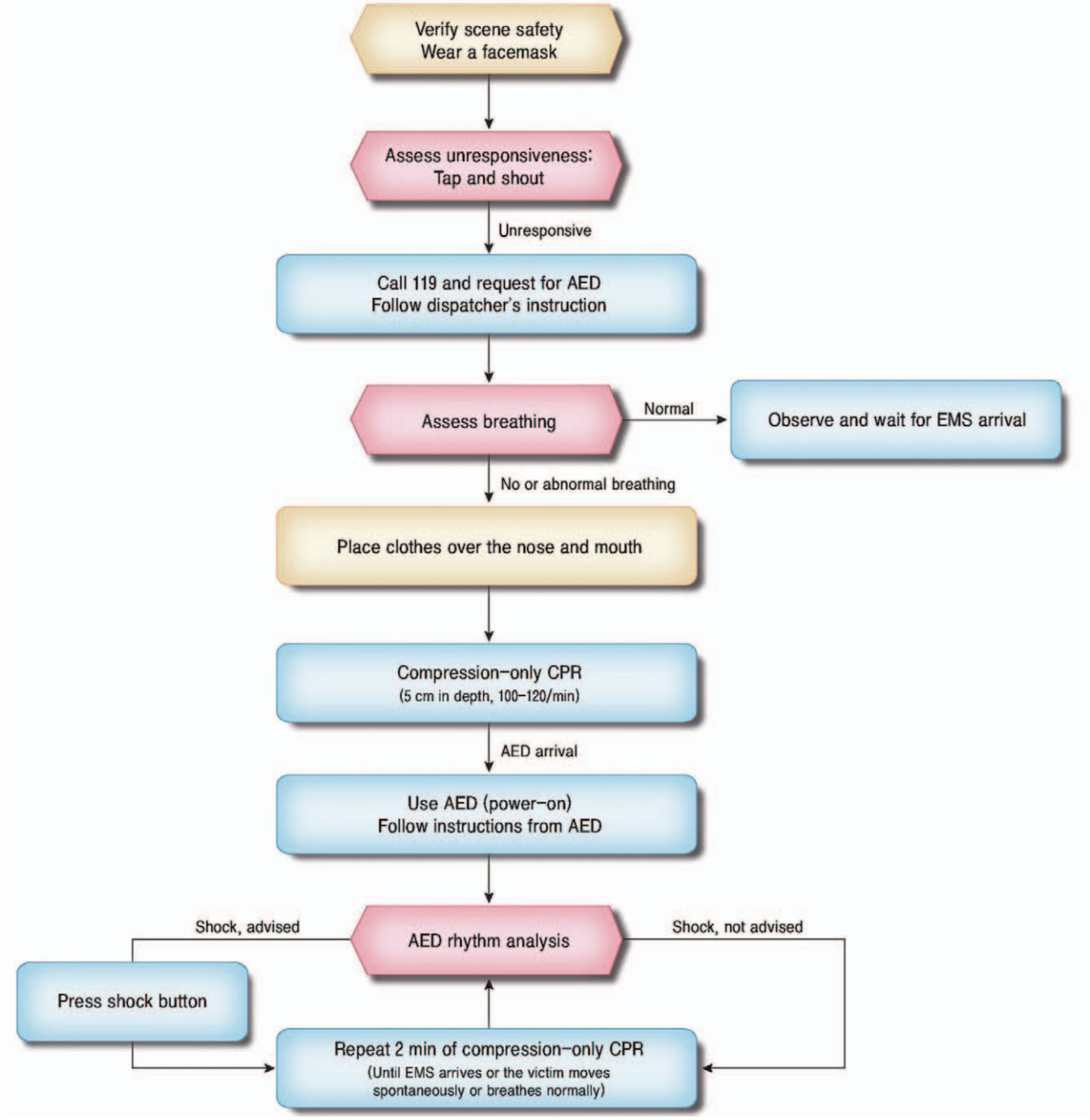

Fig. 4. 2020 Basic life support algorithm for adult out-of-hospital cardiac arrest for lay rescuers during the coronavirus disease 2019 pandemic. AED, automated external defibrillator; EMS, emergency medical system; CPR, cardiopulmonary resuscitation.

자의 얼굴에 올려 둔 상태로 가슴압박소생술을 시행할 수 있다. 환자를 병원으로 이송할 때에는 가능하다면 음압형 구급차 또는 음압이 가능한 이송장비를 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(Fig. 5).

ORCID

Gyu Chong Cho (https://orcid.org/0000-0001-9228-3674)
Giwoon Kim (https://orcid.org/0000-0003-2720-7442)
Jung-Youn Kim (https://orcid.org/0000-0001-8368-808X)
Kyoung-Jun Song (https://orcid.org/0000-0002-6940-0585)
Jaehoon Oh (https://orcid.org/0000-0001-8055-1467)
Je Hyeok Oh (https://orcid.org/0000-0002-5211-3838)
Seung Ryu (https://orcid.org/0000-0003-0748-2543)

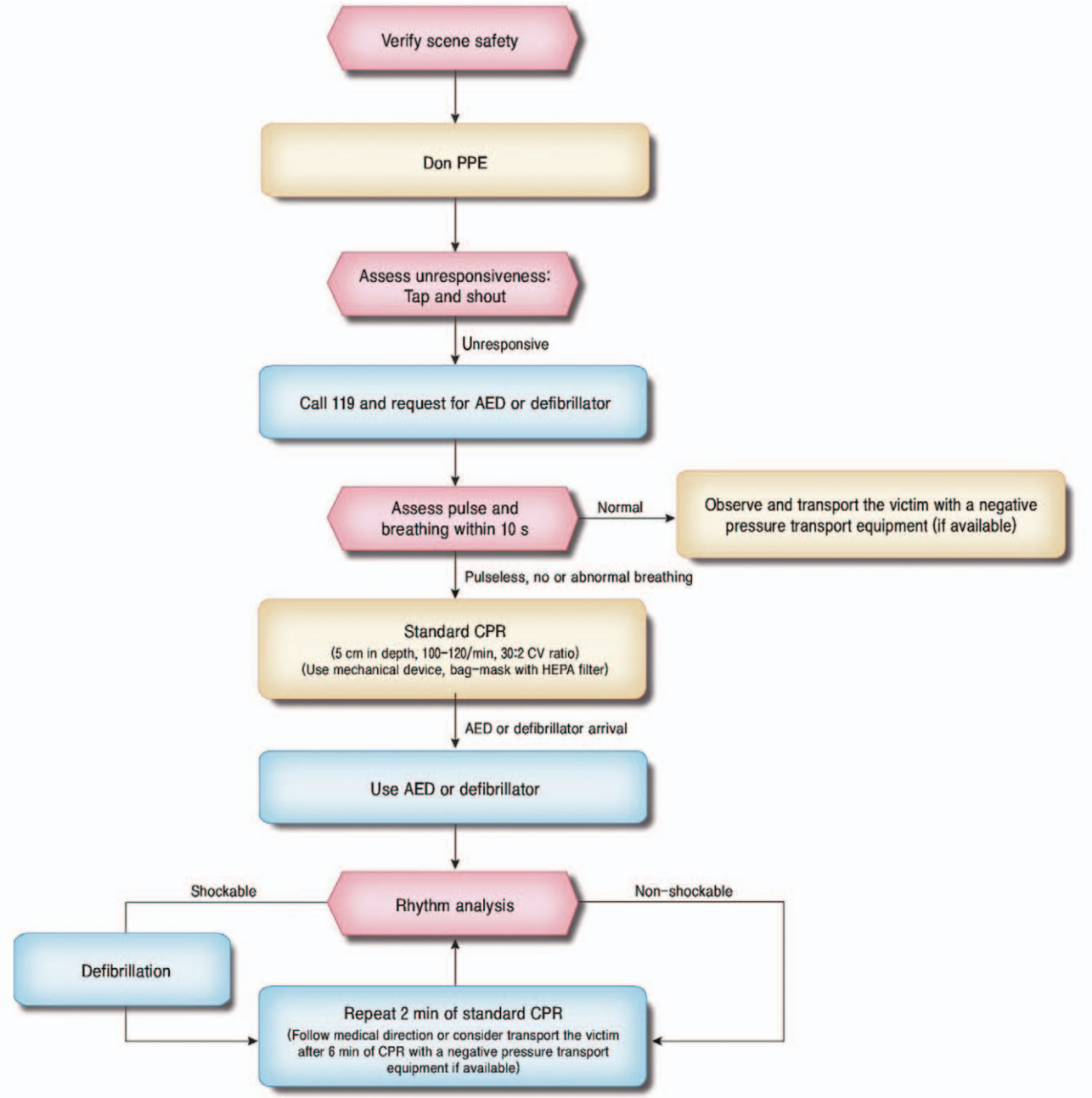

Fig. 5. 2020 Basic life support algorithm for adult out-of-hospital cardiac arrest for healthcare providers during the coronavirus disease 2019 pandemic. PPE, personal protective equipment; AED, automated external defibrillator; CPR, cardiopulmonary resuscitation; CV, compression-ventilation; HEPA, high-efficiency particulate air.

Seung Mok Ryoo (https://orcid.org/0000-0002-2436-3311)
Eun-Ho Lee (https://orcid.org/0000-0002-6369-7429)
Ju Young Hong (https://orcid.org/0000-0003-3416-3054)
Sung Oh Hwang (https://orcid.org/0000-0003-4585-3181)
Kyoung-Chul Cha (https://orcid.org/0000-0003-1818-2466)
Young-Min Kim (https://orcid.org/0000-0001-8765-7109)
June Dong Park (https://orcid.org/0000-0001-8113-1384)
Han Suk Kim (https://orcid.org/0000-0002-9777-3231)
Mi Jin Lee (https://orcid.org/0000-0002-3773-8047)
Sang Hoon Na (https://orcid.org/0000-0002-1289-7965)
Ai-Rhan Kim (https://orcid.org/0000-0002-9859-3021)
Sung Phil Chung (https://orcid.org/0000-0002-3074-011X)

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by a grant (#2020E330300) of the Korean Disease Control and Prevention Agency, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea.

REFERENCES

1. 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):S41-91.
2. 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:A35-79.
3. 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.
4. Schunemann H, Brozek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook [Internet]. London: The Cochrane Collaboration; 2013 [cited 2015 Dec 4]. Available from: http://www.guidelinedevelopment.org/handbook.
5. Ministry of Public Safety and Security. CFS: Standard protocols of field first aid for 119 EMT. 2nd ed. Sejong: Ministry of Public Safety and Security; 2014. p.441-84.
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:e000499.
7. Harjanto S, Na MX, 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.
8. 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;83:1235-41.
9. Bang 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;56:25-34.
10. Clark JJ, Larsen MP, Culley LL, Graves JR, Eisenberg MS. Incidence of agonal respirations in sudden cardiac arrest. Ann Emerg Med 1992;21:1464-7.
11. 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.
12. 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.
13. Eberle B, Dick WF, 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;33:107-16.
14. 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):S685-705.
15. 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;84:1203-7.
16. 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;30:615-9.
17. 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;40:1192-8.

18. 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; 130:1962-70.
19. 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;84:1674-9.
20. 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;64:363-72.
21. 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.
22. 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;56:348-57.
23. Perkins GD, Kocierz L, Smith SC, McCulloch RA, Davies RP. Compression feedback devices over estimate chest compression depth when performed on a bed. Resuscitation 2009;80:79-82.
24. Holt J, Ward A, Mohamed TY, et al. The optimal surface for delivery of CPR: a systematic review and meta-analysis. Resuscitation 2020;155:159-64.
25. 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;132:415-22.
26. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Bystander-initiated rescue breathing for out-of-hospital cardiac arrests of noncardiac origin. Circulation 2010;122:293-9.
27. Svensson L, Bohm K, Castren M, et al. Compression-only CPR or standard CPR in out-of-hospital cardiac arrest. N Engl J Med 2010;363:434-42.
28. Rea TD, Fahrenbruch C, Culley L, et al. CPR with chest compression alone or with rescue breathing. N Engl J Med 2010;363:423-33.
29. 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;95:1635-41.
30. 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;1:128-31.
31. Lipman SS, Wong JY, Arafeh J, Cohen SE, Carvalho B. Transport decreases the quality of cardiopulmonary resuscitation during simulated maternal cardiac arrest. Anesth Analg 2013;116:162-7.
32. 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;25:780-4.
33. Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. Ann Emerg Med 1993;22:1652-8.
34. 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;120:510-7.
35. 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;55:1713-20.
36. Baekgaard JS, Viereck S, Moller TP, Ersboll 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;136:954-65.
37. Hallstrom AP, Ornato JP, Weisfeldt M, et al. Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. N Engl J Med 2004;351:637-46.
38. 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.
39. Ringh M, Hollenberg J, Palsgaard-Moeller T, et al. The challenges and possibilities of public access defibrillation. J Intern Med 2018;283:238-56.
40. Myat A, Baumbach A. Public-access defibrillation: a call to shock. Lancet 2019;394:2204-6.
41. 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;372:2316-25.
42. 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.
43. 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;85:1444-9.
44. 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;111:3336-40.
45. Hickey RW, Cohen DM, Strausbaugh S, Dietrich AM. Pediatric patients requiring CPR in the prehospital setting. Ann Emerg Med 1995;25:495-501.
46. 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;119:1484-91.
47. 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;107:3250-5.
48. 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.
49. Bar-Cohen Y, Walsh EP, Love BA, Cecchin F. First appropriate use of automated external defibrillator in an infant. Resuscitation 2005;67:135-7.
50. 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;8:196-9.
51. 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;35:1396-9.
52. 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.
53. Hartrey R, Bingham RM. Pharyngeal trauma as a result of blind finger sweeps in the choking child. J Accid Emerg Med 1995;12:52-4.
54. 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.
55. 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.
56. 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;86:379-85.
57. 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;84:1137-42.
58. Szpilman D, Soares M. In-water resuscitation: is it worthwhile? Resuscitation 2004;63:25-31.
59. El-Assaad I, Al-Kindi SG, McNally B, et al. Automated external defibrillator application before EMS arrival in pediatric cardiac arrests. Pediatrics 2018;142:e20171903.
60. Guru V, Verbeek PR, Morrison LJ. Response of paramedics to terminally ill patients with cardiac arrest: an ethical dilemma. CMAJ 1999;161:1251-4.
61. Wiese CH, Bartels UE, Zausig YA, Pfirstinger J, Graf BM, Hanekop GG. Prehospital emergency treatment of palliative care patients with cardiac arrest: a retrolective investigation. Support Care Cancer 2010;18:1287-92.
62. 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):S383-96.
63. 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):S665-75.
64. Christian MD, Loutfy M, McDonald LC, et al. Possible SARS coronavirus transmission during cardiopulmonary resuscitation. Emerg Infect Dis 2004;10:287-93.
65. 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.
66. Kim WY, Choi W, Park SW, et al. Nosocomial transmission of severe fever with thrombocytopenia syndrome in Korea. Clin Infect Dis 2015;60:1681-3.
67. 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;382:1564-7.
68. 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 2021;44:434-8.
69. 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.