

Resuscitation

2015 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care

제 7부: 신생아 소생술

강원대학교 의과대학 소아과학교실<sup>1</sup>, 서울대학교 의과대학 소아과학교실<sup>2</sup>, 이화여자대학교 의과대학 소아과학교실<sup>3</sup>, 경희대학교 의과대학 소아과학교실<sup>4</sup>, 건국대학교 의과대학 소아과학교실<sup>5</sup>, 인하대학교 의과대학 소아과학교실<sup>6</sup>, 아주대학교 의과대학 소아과학교실<sup>7</sup>, 성균관대학교 의과대학 소아과학교실<sup>8</sup>, 연세대학교 의과대학 산부인과학교실<sup>9</sup>, 가톨릭대학교 서울성모병원 신생아중환자실<sup>10</sup>, 단국대학교 의과대학 마취통증의학교실<sup>11</sup>, 가톨릭대학교 의과대학 산부인과학교실<sup>12</sup>, 울산대학교 의과대학 소아과학교실<sup>13</sup>, 연세대학교 의과대학 응급의학교실<sup>14</sup>, 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실<sup>15</sup>

김은선<sup>1</sup> · 김한석<sup>2</sup> · 조수진<sup>3</sup> · 최용성<sup>4</sup> · 박혜원<sup>5</sup> · 전용훈<sup>6</sup> · 박문성<sup>7</sup> · 장윤실<sup>8</sup> · 김영한<sup>9</sup> · 김동연<sup>10</sup>  
윤희조<sup>11</sup> · 김연희<sup>12</sup> · 김애란<sup>13</sup> · 정성필<sup>14</sup> · 황성오<sup>15</sup> · 2015 심폐소생술 가이드라인 신생아소생술  
전문위원회

개요 및 출생 전후의 생리적 반응

신생아가 자궁 내 환경에서 외부환경에 적응하는 과정은 태반을 통한 가스교환에서 폐호흡으로 전환되면서 해부학적, 생리적인 적응과 함께 일어난다. 이 과정은 폐로 호흡하고, 태반으로 교환이 이루어지던 혈액 교환이 중단됨으로써 시작된다. 폐로 숨을 들이마시면서 폐혈관이 이완되어 폐 혈관 저항이 급격히 감소하고, 폐혈류량이 증가한다. 좌심방-좌심실로 돌아오는 산소화된 혈액이 증가하며, 좌심실을 통해 나가는 심장박출량이 증가하게 된다. 상대적으로 낮은 저항을 가지는 태반순환이 중단됨에 따라 체혈관 저항 및 혈압이 증가하고 동맥관을 통한 우-좌 단락이 감소한다. 신체 내 장기들은 체혈관 증가와 산소화된 혈액 공급에 적응하기 시작한다. 자궁 내에서 이루어지던 체온도 신생아가 외부환경에 노출되면서 산소 소비를 증가 시켜 유지된다.

만삭으로 출생한 신생아 중 약 85%는 10초-30초 이내에 자발적으로 호흡을 시작한다. 그러나 만삭아의 10% 정도는 포로 닦으면서 자극해야 호흡이 시작되며, 3% 정도에서는 양압환기가, 2% 정도에서는 기관내삽관이 필요하고, 0.1%에서는 가슴 압박과 약물 사용이 필요하다<sup>1-4)</sup>. 대부분의 신생아들이 스스로 자궁 내 환경에서 외부환경으로 적응하지만, 소생술을 필요로 하는 신생아도 여전히 많다<sup>5)</sup>.

신생아 소생술에 대한 한국 가이드라인은 2015년 심폐소생술 국제연락위원회(International Liaison Committee on Resuscitation: ILCOR)의 체계적 고찰을 토대로 작성되었다<sup>4,6)</sup> 이 가이드라인은 주로 분만 직후의 신생아가 자궁 내 환경에서 외부환경으로 적응하는 과정에서 사용할 수 있다. 또한 태아에서 신생아로 적응이 잘 이루어진 경우라도 소생술이 필요한 경우, 생후 수주 내에는 신생아 소생술을 적용할 수 있다<sup>6)</sup>. 따라서 출생 시, 신생아의 첫 입원기간 동안 신생아 심폐소생술을 시행하는 의료진은 다음의 가이드라인에 따라 소생술을 시행하도록 한다.

출생 직후 호흡이 안정적이며 잘 우는 아이의 경우는 제대 결찰을 지연하여 시행한다. 그러나 호흡이 불안정하고 울지 않는 아이의 경우는 즉시 제대 결찰을 시행하고 소생술을 준비한다.

출생 직후 소생술이 필요하지 않은 신생아를 구별하는 데는 다음과 같은 3가지 질문으로 평가할 수 있다. ① 만삭아인가? ② 근육 긴장도는 좋은가? ③ 울거나 숨을 잘 쉬는가?

만약 위의 3가지 질문을 모두 만족한다면 신생아는 초기 처치(젖은 몸을 닦아내고, 엄마와 피부접촉, 체온유지를 위해 포로 감싸기)를 받는 동안 엄마와 함께 있을 수 있다. 처치를 시행하는 동안에도 호흡, 활동성, 피부 색깔 등을 지속적으로 관찰하여야 한다.

만약 3가지 질문 중 하나라도 만족되지 않는다면 다음과 같은 소생술의 단계 중 필요에 따라 일부 혹은 전부를 시행하기 위해 신생아를 온열기 아래로 옮겨야 한다.

- 1) 첫 단계(초기 처치: 가온 및 체온 유지, 자세, 기도의 이물질 제거, 물기 닦기, 자극)
- 2) 환기 및 산소화
- 3) 가슴압박
- 4) 약물 투여(에피네프린/수액)

책임저자: 김 애 란  
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88  
울산의대 서울아산병원 소아청소년과 신생아분과  
Tel: 02) 3010-3382, Fax: 02) 3010-6978  
E-mail: arkim@amc.seoul.kr  
접수일: 2016년 3월 17일, 1차 교정일: 2016년 4월 1일  
게재승인일: 2016년 4월 5일

\* 이 논문은 Clin Exp Emerg Med 2016 Vol 3(S)에 보고된 연구에 기초한 것임.

출생 직후 약 60초 동안("the Golden Minute") 신생아 처치를 위한 첫 단계(initial step), 재평가, 필요에 따라 호흡 보조 개시 등이 이루어져야 한다(Fig. 1). 이 단계가 정확하게 60초라고 정해지지는 않았지만 호흡 보조(ventilation)의 단계가 부적절하게 지연되지 않도록 하는 것이 중요하다. 왜냐하면 신생아 처치의 첫 단계에 반응하지 않은 신생아에게는 호흡보조가 성공적인 소생술의 가장 중요한 단계이기 때문이다. 첫 단계에서 호흡 보조의 단계로 진행할 것인지를 판단은 호흡과 심장박동수의 2가지 생체징후(호흡: 무호흡, 헐떡호흡, 힘겨운 호흡, 심장박동수: 분당 100회 미만)를 바탕으로 판단한다<sup>7)</sup>. 만약 양압환기와 산소 투여를 하는 경우에는 3가지 생체징후(심장박동수, 호흡, 산소포화도)를 동시에 평가할 수 있도록 산소포화도 측정기(pulse oximetry)를 사용한다. 각 단계의 소생술이 성공적으로 이루어지고 있는지를 평가하는 가장 민감한 지표는 심장박동수이다<sup>8)</sup>(Fig. 1).

## 1. 소생술 필요 여부의 예측

적절한 신생아소생술을 시행하려면, 주산기 위험 인자 평가, 위험도에 따라 적절한 의료인력이 동원될 수 있는 시스템, 즉각적으로 사용될 수 있게 준비된 기구나 물품, 효과적 팀워크가 가능한 숙련도 등이 필요하다. 출생 직후 신생아 처치, 신생아 소생술의 초기단계와 양압환기(positive pressure ventilation)를 실시할 수 있는 의료진이 1명 이상 필요하다. 소생술이 필요할 수 있는 심각한 주산기 위험 인자를 가진 경우는 가슴 압박, 기관내삽관, 배꼽 정맥도관 삽입이 가능한 추가 인력이 필요하다<sup>8,9)</sup>. 주산기 위험인자가 없는 신생아도 예기치 못하게 소생술이 필요할 수 있으므로, 각 병원에서는 분만 시 신생아 소생술에 필요한 인력을 언제든 가용할 수 있어야 한다. 신생아 소생술을 시행함에 있어 물품이 제대로 준비되어 있지 않거나 혹은 기능을 제대로 하지 않는 경우 효과적인 소생술이 이루어 질 수 없

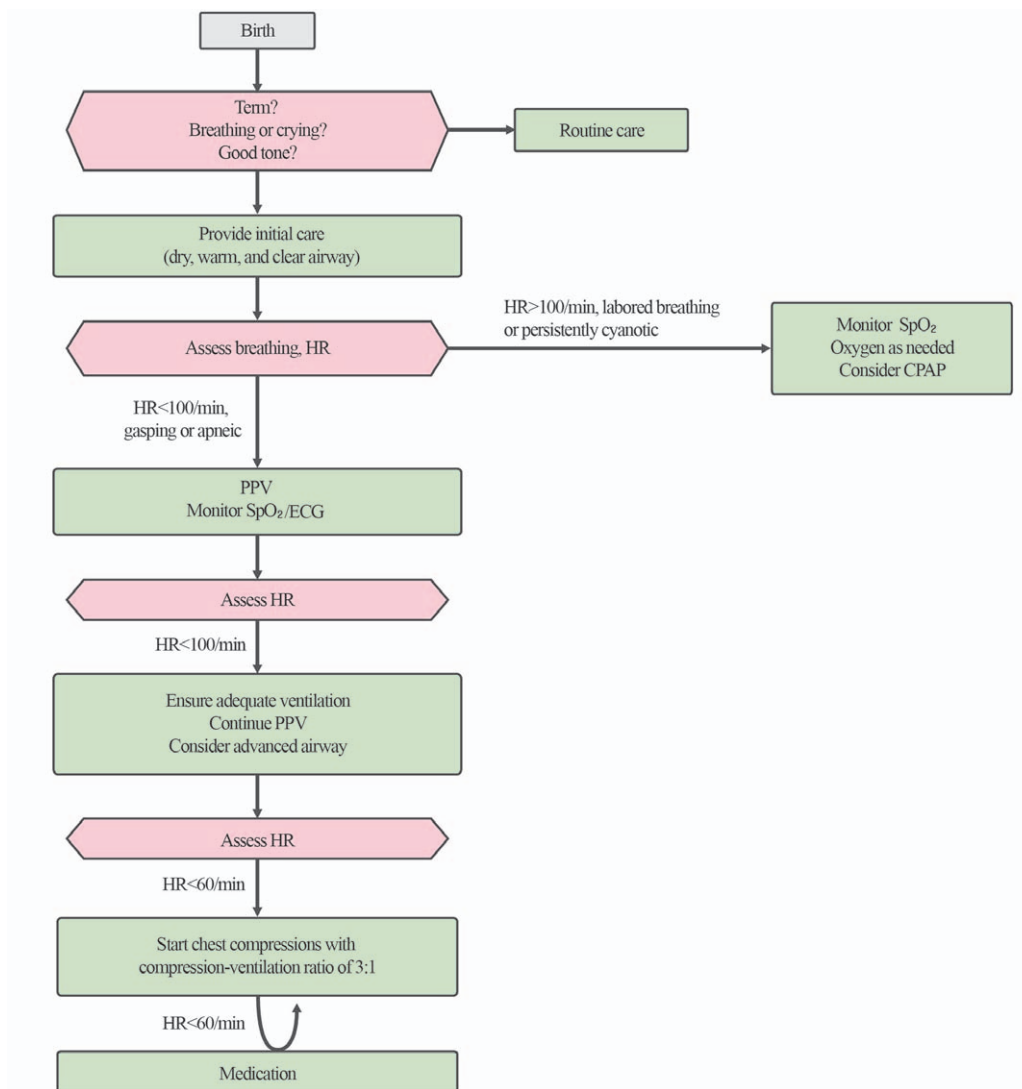


Fig. 1. Neonatal resuscitation algorithm.

으므로 표준화된 체크리스트를 만들어 점검하도록 한다. 미숙아 분만과 같은 주산기 위험인자를 가진 경우는 체온유지와 호흡보조를 위한 기구들이 필요할 수 있다.

주산기 위험인자가 있는 분만을 할 경우는 소생술을 위한 팀을 만들고 팀 리더를 정해야 한다. 만약 시간적 여유가 있다면, 소생술 전 브리핑을 시행하고, 신생아에게 필요할 수 있는 시술을 예측하고 팀원의 역할을 분담하여야 한다<sup>10,11</sup>. 소생술이 시행되는 동안에는 팀원간의 의사전달과 협력이 효과적으로 이루어져야 효과적인 소생술과 신생아의 안전이 보장될 수 있다.

## 2. 제대관리

최근까지 신생아가 출생한 후 즉시 탯줄을 묶고(clamp-ing) 자른 다음 처치대로 옮겨 신생아 처치를 시행하였다. 태아 순환에서 신생아 순환으로의 진행에 어려움이 있거나 혹은 미숙아처럼 소생술이 필요할 수 있는 신생아에서는 출생 즉시 탯줄을 묶고 자르는 것은 중요하다.

심폐소생술 국제연락위원회의 가이드라인은 출생 후 소생술을 받지 않는 만삭아 또는 미숙아에서 탯줄절단 시간을 30초 이상 지연할 수 있다고 하였다<sup>10</sup>. 탯줄 절단을 천천히 한 경우 뇌실 내 출혈 빈도의 감소, 혈압 및 혈액량 증가, 출생 후 수혈 빈도의 감소, 신생아 괴사성 장염 빈도의 감소 효과가 있다고 보고되었다. 하지만 중증도 뇌실 내 출혈과 사망률 감소에 대한 근거는 없었다<sup>4,6</sup>. 탯줄 절단을 지연한 경우, 혈액 내 빌리루빈 농도 상승과 광선치료의 빈도가 증가되었으므로, 가능하다면 탯줄 절단을 지연을 권고하도록 한다<sup>9,12</sup>. 하지만 소생술이 필요한 신생아에서는, 탯줄 절단을 지연할 경우 호흡 보조가 지연될 수 있기 때문에 탯줄 절단 지연을 일률적으로 권고하지는 않는다. 일부 연구에서는 탯줄 지연 절단과 비슷하게 탯줄용출(cord milking)을 보고하고 있는데<sup>13-15</sup>, 이것 또한 초미숙아에서는 장기적 예후 향상이나 안전성에 대한 근거가 부족하다.

결론적으로, 출생 후 소생술을 받지 않는 만삭아 또는 미숙아에서는 탯줄절단 시간을 30초 이상 지연할 수 있다. 출생 시 소생술이 필요한 신생아에서 탯줄 절단 지연의 효과에 대한 근거는 부족하여 연구가 더 필요하다. 초미숙아에서 탯줄 용출을 하는 것은 혈액량의 급격한 변화로 인한 안정성에 대한 근거가 불충분하므로 임상에서의 시행은 권하지 않는다. 탯줄 용출은 초기 평균혈압과 혈액학적 소견을 향상시키고, 뇌실 내 출혈을 감소시킬 수 있다는 연구 결과가 있지만 장기 예후를 향상시킨다는 근거가 없으므로 추가 연구가 필요하다.

## 3. 첫 단계(initial step)

신생아 소생술의 첫 단계는 체온유지, 기도확보를 위한 자세(Fig. 2), 기도 내 이물질 흡인, 마른 포로 양수 닦기

(미숙아의 경우 비닐백으로 감싸기), 호흡을 위한 자극 등을 말한다.

### 1) 체온유지: 분만실에서 정상 체온 유지의 중요성

비-가사 신생아에서 입원 당시의 체온이 모든 주수에서 사망을 예측하는 중요한 인자로 알려져 왔다<sup>16-46</sup>. 특히 미숙아는 저체온증에 취약하며, 저체온증은 뇌실 내 출혈<sup>19,26,37,47-51</sup>, 호흡부전(respiratory distress)<sup>19,21,47,52-56</sup>, 저혈당증<sup>41,56-60</sup>, 후기 폐혈증<sup>31,61</sup>과 같은 심각한 후유증과 연관성이 있다. 이런 이유로 입원 시 체온을 측정하고 의무기록에 적어 예후 예측인자, 질 지표 자료로 이용하도록 한다. 비-가사 신생아에서 초기 입원 및 안정 시 체온을 섭씨 36.5-37.5도를 유지하도록 권고한다.

### (1) 분만실에서 체온을 유지하기 위한 방법

온열기(radiant warmer) 나 모자와 비닐백을 사용하는 방법은 체온을 유지하는데 도움을 줄 수 있으나 미숙아에

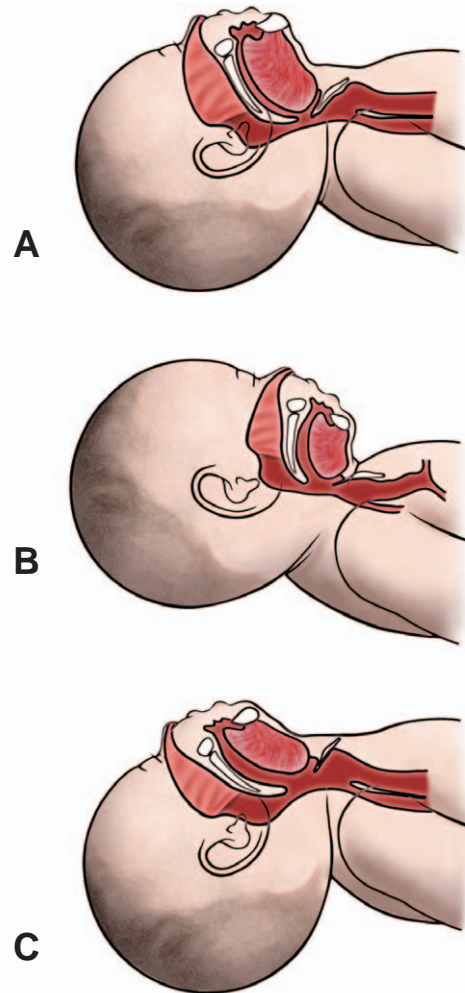


Fig. 2. Head position for opening the airway.

(A) Correct (B) Incorrect: flexion (C) Incorrect: hyperextension

서 저체온증을 완전히 예방하지는 못한다. 분만실에서 체온을 유지하는 방법으로 분만실 환경온도를 높이거나, 온열매트, 가온 가슴핀 공기 등이 추가로 사용되었다.

온열기와 모자/비닐백을 사용하는 것에 비해 추가적으로 온열매트<sup>43,62-65</sup>, 가온가슴핀 공기<sup>66,67</sup>, 환경온도 올리기/모자씌우기/온열매트 사용<sup>32,52,55,68</sup> 등이 저체온증 예방에 효과적이었다. 고체온증에 대한 우려도 있었지만 의미 있는 부작용은 보고되지 않았다. 32주 미만의 미숙아 출생 시와 입원 시의 저체온증을 예방하기 위해 분만장에서 온열기와 함께 여러 가지 방법(환경온도 올리기, 온열매트, 비닐백, 모자씌우기)을 같이 사용할 것을 제안한다. 체온 유지에 있어 38.0°C 이상의 고체온증은 연관된 위험성이 있으므로 피할 것을 제안한다.

#### (2) 저체온증 신생아의 가온

통상적으로 소생술 후 저체온증인 신생아를 가온할 때 천천히 체온을 올리는 것이 무호흡, 부정맥 등의 합병증을 감소시킬 수 있다고 알려졌다. 현재까지 빠르게 체온을 올리는 방법(>0.5°C/시간)과 천천히 체온을 올리는 방법(<0.5°C/시간) 중 어느 방법이 효과적인지에 대한 근거는 부족하기 때문에 입원 당시 저체온증을 보이는 신생아에게 두 방법 모두 적용할 수 있다.

#### (3) 산모의 저체온증/고체온증이 신생아에 미치는 영향

진통 중 산모의 고체온은 신생아의 사망률 증가, 경련 또는 뇌증 발생 등 불량한 예후와 관련된다<sup>69-79</sup>. 반면, 산모의 저체온은 신생아에게 임상적으로 불량한 예후와 관련되지 않았다<sup>80-84</sup>. 산모의 고체온이 신생아에게 있어 불량한 예후와 관련이 되나 산모의 고체온 치료를 권할 만한 근거는 부족하다.

#### (4) 제한적 환경에서의 체온유지

섭씨 36.5도 이하의 체온에서는 저체온의 정도에 따라 사망률이 비례하여 증가하므로 제한적 환경에서의 체온을 유지하는 것은 중요하다<sup>38</sup>. 저체온의 위험도는 만삭아에 비해 미숙아에서 더 높으며, 출생 후 1-2시간 이내 저체온을 예방하는 것만으로도 사망률을 줄일 수 있다. 이때 비닐백을 사용하거나 혹은 피부 대 피부 접촉을 하면 저체온증을 줄일 수 있다<sup>85-95</sup>. 제한된 환경에서 정상 신생아의 출생 후 이행기(생후 1-2시간) 동안 정상 체온을 유지하고 저체온증을 예방하기 위하여, 주방용 비닐백을 사용하여 아기를 목까지 넣고 젖은 몸을 닦은 후 포대기로 싸 줄 수 있다. 혹은 피부 대 피부 접촉을 하면서 수유하거나 쾅거루 케어를 할 수 있다. 하지만, 소생술이 필요한 상황이나 혹은 소생술 이후 안정화 시기에 비닐백을 사용하거나 혹은 피부 대 피부 접촉을 하는 것에 대한 연구는 부족한 실정이다.

#### 2) 기도 청소

##### (1) 양수가 깨끗할 때

출생 직후 흡인용 망울 주사기(bulb syringe) 혹은 흡인 카테터를 사용하여 신생아의 기도를 흡인하는 것은 오히려 서맥, 폐 탄성 및 산소화의 감소, 뇌혈류 속도 감소 등의 부작용을 초래할 수 있다. 따라서 양수 색깔이 맑을 경우는 정례적인 기도 흡인을 하지 않고, 명백한 기도 폐쇄 또는 양압 환기가 필요한 경우에 흡인을 한다. 신생아의 기도는 머리를 수평 또는 약간 신전시킨 자세로 유지하고, 구강, 인두, 비강의 순서로 분비물을 제거하여 기도를 유지시킨다<sup>10,11</sup>.

##### (2) 태변이 착색된 양수 일 때

과거에는 양수에 태변이 착색된 경우에 신생아 머리가 분만되고 어깨가 분만되기 전 입인두 부위의 태변 흡인을 권장하였다. 그러나 여러 대규모 무작위 연구에서, 양수가 태변에 착색되어도 출생 직후 신생아가 ‘활발함(호흡 노력이 강하고 근육 긴장도가 좋음)’을 보이면 태변 흡인이 흡인성 폐렴 예방에 도움이 되지 않고 태변 착색은 기관 삽관의 가능성과 관련이 없다고 알려졌다. 따라서 양수가 태변에 착색되어도 정례적인 흡인 행위는 권장하지 않는다<sup>96</sup>. 양수에 태변이 착색되어있다는 산전 정보가 있으면, 태아 곤란증과 연관이 있고 분만 후 소생술의 가능성이 있으므로, 분만 시 신생아 소생술을 할 수 있도록 준비해야 한다. 신생아가 ‘활발함’을 보이면 초기 처치 후 산모와 머물러도 좋으나 필요 시 흡인용 망울 주사기 혹은 흡인 카테터를 이용하여 입과 코의 태변을 부드럽게 제거한다. 그러나, 태변에 착색된 양수에서 출생한 신생아가 근육 긴장도가 떨어지고 호흡의 노력이 부적절할 때, 가온기 아래에서 초기 처치 후 호흡이 없거나 심박수가 분당 100회 미만이면 양압환기를 시작해야 한다.

태변이 착색된 양수에서 출생한 신생아가 ‘활발하지 않은’ 경우, 일률적으로 즉각적인 후두경 삽입 후 기관 내 태변 제거 및 기관내삽관을 통한 태변 흡인이 권고될만한 근거는 부족하다. 일률적인 기관내삽관 후 태변 제거를 통해 얻을 수 있는 이득보다 일률적인 기관내삽관의 과정에서 얻을 수 있는 불이익(예, 양압환기의 지연, 기관내삽관의 합병증 등)에 대한 우려가 있다<sup>97-106</sup>. 따라서, 호흡이 없거나 부적절한 신생아는 출생 수분 내에 호흡을 시작하게 도와주도록 한다.

태변에 의한 기도 막힘(meconium plug)이 환기를 원활하게 하지 못하는 이유라고 생각되는 경우에는 태변 제거를 위한 기관내삽관이 고려될 수 있다.

##### 3) 심장박동수의 평가

출생 직후 신생아의 심장박동수 평가는 출생 후 자발 호흡의 효율성과 소생술 필요성 여부의 판단에 중요하다. 소생술 과정 중에 심장박동수의 상승은 소생술의 각 과정에 대한 가장 예민한 반응 지표이다. 따라서, 빠르고 정확하게

믿을만한 심장박동수를 평가하는 방법이 매우 중요하여, 기존에는 직접 심장박동수를 청진하고, 산소포화도 측정기로 심장박동수의 판단에 도움 받도록 권고되어왔다.

2015년 가이드라인에서는 분만장에서 심장박동수 평가 방법으로서 청진/촉진, 심전도, 산소 포화도 측정기를 비교하여 효용성을 분석하였다. 한 연구에서는 청진이나 촉진에 비해 심전도 모니터 방법이 심장박동수 평가에 더 효과적이었다<sup>107)</sup>, 4개의 연구에서는 심전도 모니터 방법이 산소포화도 측정기 방법에 비해 심장박동수 평가에 더 효과적이었다<sup>108-112)</sup>.

심전도 모니터와 산소포화도 측정기 방법 사이에 심장박동수의 수치 차이는 크지 않았지만, 산소포화도 측정기에서 초기 2분 동안 심장박동수가 저평가되어 불필요한 처치가 이루어질 가능성이 높았고 심전도 탐색자를 부착하는 데 어려움은 없었다.

미숙아와 만삭아의 소생술에서 빠르고 정확한 심장박동수 확인을 위하여 3유도 심전도를 사용할 수 있으나 심전도 모니터의 사용은 신생아의 산소화를 평가하는 산소포화도 측정기를 대체할 수는 없다.

#### 4) 산소 필요성의 평가와 산소 투여

##### (1) 산소 포화도 측정기 사용

소생술이 예측되거나, 양압환기가 필요 할 때, 생후 5-10분간 중심성 청색증이 지속될 때, 산소 투여가 필요할 때에 우측 손에 탐색자를 부착하여 산소 포화도 측정기를 사용할 것을 권장한다<sup>10,11)</sup> (Fig. 3).

##### (2) 산소 투여

###### ① 만삭아

만삭아에서는 21% 산소로 소생술이 시작될 수 있다<sup>10,11)</sup>. 이후의 산소 투여는 자연 분만 된 건강한 만삭아 기준으로 정해진 목표에 따른 동맥관 전 (pre-ductal) 산소포화도 달성 여부에 따라 조절될 수 있다<sup>113)</sup>.

###### ② 미숙아

7개의 무작위 연구에 대한 메타 분석에서 재태주령 35주 미만의 미숙아에서 초기 소생술 처치 시에 65% 이상 고농도의 산소 투여를 하는 방법이 21-30% 저농도의 산소 투여를 하는 방법에 비해 퇴원 생존율의 향상을 보이지

않았다<sup>114-120)</sup>. 이 메타 분석의 하위 분석에서도 초기 소생술에서 고농도 산소 투여를 하는 것이 저농도 산소 투여에 비해 기관지폐 이형성증, 뇌실 내 출혈, 미숙아 망막증의 예방에 이득이 없었고, 생후 첫 10분 내의 목표 동맥관 전 산소 포화도 달성에 있어서도 초기 고농도 산소 투여와 저농도 산소 투여가 차이가 없었다.

모든 연구에서 미숙아 소생술 초기에 고농도 혹은 저농도 산소를 투여한 이후 안정화 되었을 때 약 30% 정도의 산소가 투여되는 상황이었다. 35주 미만의 모든 미숙아에게는 저농도 산소(21-30%)로 초기 소생술이 시작되어야 하고, 이후의 산소 투여는 자연 분만 된 건강한 만삭아 기준으로 정해진 목표 동맥관 전 산소포화도 달성에 여부에 따라 조절되어야 한다<sup>113)</sup>. 미숙아에서 65% 이상 고농도 산소로 초기 소생술을 시작하는 것은 권고되지 않는다.

## 양압 환기

### 1. 초기 호흡

분만 이후 이행 과정 중에 폐의 기능적 잔기 용적을 확보하기 위해 초기 호흡에 지속적 팽창압 (sustained inflation) 을 주는 것이 도움이 된다고 제시한 동물연구가 있다<sup>121,122)</sup>. 사람에서도 초기 호흡에 지속적 팽창압을 주는 것이 호흡 적응에 도움이 될 것이라고 생각하여 시행된 3개의 무작위 연구와<sup>123-125)</sup> 2개의 코호트 연구를<sup>126,127)</sup> 바탕으로 분석 해 보았을 때, 지속적인 팽창압이 기계환기의 필요성을 줄인다고 하였으나 근거 수준은 매우 낮다. 또한, 지속적인 팽창압을 주었을 때, 사망률, 기관지폐 이형성증이나 공기 유출을 줄이는 이득이 없고, 한 코호트 연구에서는 지속적 팽창압 이후에 기관내삽관의 비율이 높았다는 보고도 있다<sup>128)</sup>.

지속적 팽창압의 단기 및 장기 안전성에 대한 자료가 부족하고, 분만 후 이행 과정 중에 있는 신생아에게 지속적 팽창압의 적당한 기간과 압력에 대한 근거 부족으로, 지속적 팽창압을 일률적으로 5초 이상 지속하는 것은 추천되지 않는다.

### 2. 호기말 압력 (end-expiratory pressure)

무호흡이 있는 미숙아와 만삭아에서 양압환기가 기본적인 치료 방침이 되면서, 양압환기를 주는 방법과 관련하여 호기말 양압 (PEEP, positive end-expiratory pressure) 을 주는 것이 양압 환기를 하는 신생아에서 도움이 된다고 생각되어 왔고, 2010년 신생아 소생술 가이드라인에서도 호기말 양압을 주도록 권고하고 있다<sup>10,11)</sup>.

호기말 양압에 대하여 2015년에도 다시 검토되었고, 근거는 약하지만 2개의 무작위 연구<sup>129,130)</sup>에서 추가적인 호기말 양압이 사망률, 약물 사용 혹은 심폐소생술 빈도를 줄이

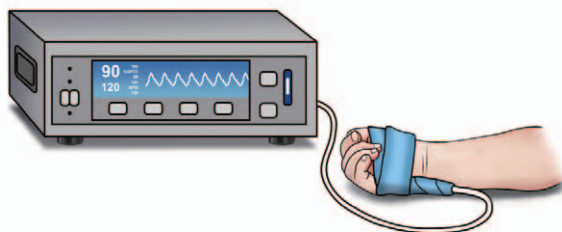


Fig. 3. Attachment of oximeter probe.

지 않았다. 또한 심장박동수의 급격한 호전에 영향을 주지 않았으며, 기관내삽관의 빈도를 감소시키지 않았으며, 공기 유출, 만성 폐질환, 아프가 점수 등에도 영향을 주지 않음을 보여주었다. 그러나, 1개의 무작위 연구<sup>130)</sup>에서 근거는 약하지만, 호기말 양압을 사용하는 경우에 최대로 들어가는 산소 양을 줄일 수 있었다는 보고는 있다. 신생아에서 양압환기가 필요할 때에는 약 5 cm H<sub>2</sub>O의 호기말 양압을 주는 것을 제안한다.

### 3. 양압환기 도구와 전문기도술

양압환기는 유량-팽창백(flow-inflating bag), 자가 팽창백(self-inflating bag), T형 소생기(T-piece resuscitator) 중 가능한 도구, 익숙한 정도, 선호도 등에 따라 선택하여 효과적으로 전달될 수 있다<sup>129,130)</sup>.

압축가스가 연결되지 않은 곳에서 자가 팽창백은 양압환기를 전달하는데 유용한 도구이나, 다른 도구들에 비해 지속적 양압을 줄 수 없고, 호기말 양압도 줄 수 없다<sup>131-134)</sup>. 반면, 유량 팽창백을 사용하려면 연습이 필요하다. 사용하기 쉬운 도구로서 T형 소생기가 목표 흡기 압력을 좀 더 긴 흡기 시간 동안 지속적으로 줄 수 있어 효율적일 것으로 생각되나<sup>135-137)</sup>, 예후 향상에 있어서 T형 소생기가 도움이 된다는 근거는 아직 부족하다<sup>129,130)</sup>.

호흡기능 평가도구의 사용은 과도한 압력과 과도한 환기량 공급을 막는데 유용하다<sup>138)</sup>. 호기말 이산화탄소 모니터는 안면 마스크 양압환기 시에 실제 일어나는 가스 교환을 평가하는 데 유용하다고 알려져 있다<sup>139)</sup>. 그러나, 아직까지 호흡기능 평가도구의 효율성, 특히 예후를 변화시킬지에 대한 증거가 없으므로 일률적인 사용은 권장하지 않는다.

#### 1) 후두 마스크 기도기(Fig. 4)

후두 마스크 기도기는 만삭아와 채태주령 34주 이상의 미숙아에서 효율적인 환기를 도울 수 있으나 34주 미만 혹은 2 kg 미만의 미숙아에 대한 자료는 부족하다. 안면 마스크 환기가 효율적이지 않을 때, 후두 마스크 기도기가 기관내삽관의 대안으로 사용될 수 있다<sup>140)</sup>. 만삭아와 채태주령 34주 이상의 미숙아에서 기관내삽관에 실패하거나 가능하지 않을 때 후두 마스크 기도기의 사용이 권장된다. 가슴압박이나 약물 투여 시에 후두 마스크 기도기의 사용은 평가되지 않았다.

#### 2) 기도 내 튜브 위치

소생술이 진행되면서, 비효율적인 양압환기가 지속되거나, 지속적인 양압환기가 필요하거나, 가슴압박이 필요하거나, 혹은 선천성 횡격막 탈장과 같은 특별한 상황일 때, 기관내삽관이 필요하다. 기관내삽관을 통한 성공적인 환기

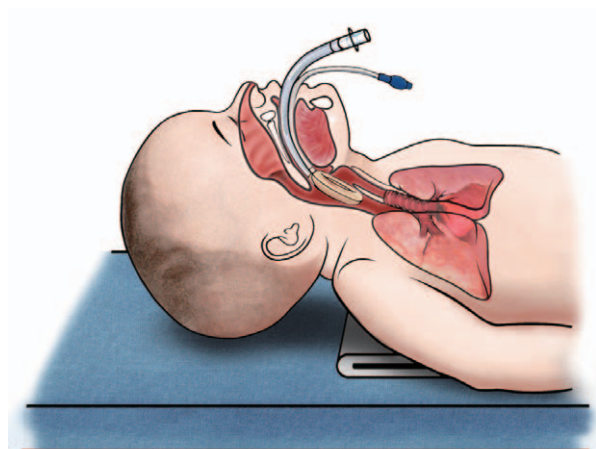


Fig. 4. Insertion of laryngeal mask airway.

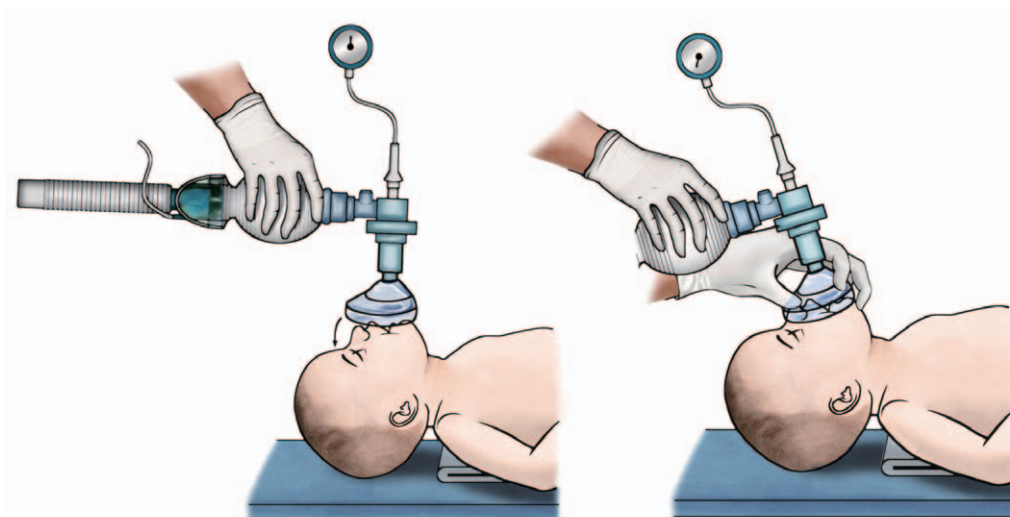


Fig. 5. Proper use of face mask.

의 지표는 심장박동수가 상승되는 것이다. 2010년에 검토된 바와 같이, 호기 이산화탄소 감지기(exhaled CO<sub>2</sub> detector)가 기도 내 튜브 위치 확인에 가장 도움이 된다<sup>10,11</sup>. 호기 이산화탄소가 감지되지 않으면 식도 내 튜브 삽입이 의심되지만, 심정지 등 폐 혈류량이 감소되어있는 상황에서는 호기 이산화탄소 감지기가 위음성을 보여 튜브 위치가 정확한데도 불구하고 위중한 신생아들에서 불필요한 재 삽관을 유도할 수 있다. 흉곽 움직임이나 청진 상 양쪽 폐야에서 대칭적으로 들리는 호흡음, 그리고 튜브 내 수증기 응축 현상 등의 임상상을 참조하여 기도 내 튜브 위치를 교정할 수 있다. 기관내삽관 전 흔히 사용하는 마스크는 턱끝, 입, 코를 덮고 눈은 가리지 않도록 한다(Fig. 5).

4. 지속기도양압(CPAP, continuous positive airway pressure)

재태주령 30주 미만으로 태어난 2,358명의 미숙아들을 포함하는 3개의 무작위 연구에서, 기관내삽관 후 양압환기를 하는 것보다 지속기도양압을 초기에 적용하는 것이 이득이 있다고 보았다<sup>141-143</sup>. 지속기도양압으로 시작하는 것이 분만장에서의 기관내삽관율을 낮추고, 인공환기 기간을 줄이며, 사망률과 기관지폐 이형성증 빈도를 낮추며, 공기 유출과 뇌실 내 출혈 등의 부작용 발생을 올리지는 않는다. 분만실에서 미숙아가 호흡보조를 필요로 하는 호흡곤란이 있지만 자발호흡이 있을 때, 기관내삽관 후 양압환기를 하기 전에 지속기도양압을 먼저 사용하는 것을 제안한다.

가슴압박

충분한 환기요법에도 불구하고 심장박동수가 분당 60회 미만이라면, 가슴압박을 시작해야 한다. 가슴압박은 흉골의 하부 1/3 부분에서 실시하고, 압박의 깊이는 흉곽의 앞

뒤 간격의 1/3로 한다<sup>144-146</sup>. 실시하는 방법은 두 가지가 있는데, 첫째는 양 손의 엄지손가락을 사용하면서 나머지 손가락들로는 흉곽을 둘러싸서 등쪽을 지지하는 방법(양 엄지방법)이고, 둘째는 한쪽 손의 두 개의 손가락을 사용하면서 다른 손으로 아기의 등을 지지하는 방법(두 개의 손가락방법)이다. 양 엄지방법으로 가슴압박을 시행할 때, 혈압이 더 높게 유지되고 관상동맥 혈류도 더 좋을 뿐만 아니라 소생술 시행자의 피로도가 낮기 때문에, 양 엄지방법으로 시행하는 것이 보다 권장된다<sup>147-149</sup>(Fig. 6). 양 엄지방법으로 시행할 경우, 제대정맥 도관술이 용이하도록 아기의 머리 위에서도 시행할 수 있다.

가슴압박과 환기요법을 함께 시행할 때, 두 가지가 동시에 제공되어 비효율적이 되는 일이 없도록 해야 한다. 압박을 풀어 이완의 시기에 환기요법은 충분하게 이루어져야 하며, 흉곽을 압박하는 손가락이 흉곽에서 떨어지지 않게 해야 한다. 가슴압박과 환기요법을 실시하는 비율에 대해서는 여전히 3:1의 비율을 사용하는 것이 권장된다<sup>150,151</sup>. 1분 동안 120회 정도의 압박 및 환기를 맞춰야 하므로, 각각의 행위는 0.5초 정도에 해당한다. 신생아에서는 대부분 가스 교환의 문제로 인해서 심폐 부전이 유발되는 것이므로, 신생아 소생술에 있어서 가슴압박 대 환기요법의 비율은 항상 3:1이 사용되지만, 만약 이러한 부전이 심장에서 유발되는 경우라면, 더 높은 비율인 15:2의 비율로 시행할 수도 있다.

가슴압박을 시행하는 동안에는 언제나 산소농도를 올려서 100%까지 사용하도록 한다. 신생아 소생술을 시행할 때 적절한 산소농도에 대한 임상 연구는 없으나, 동물 연구에서는 소생술 중에 100% 산소의 사용은 이득이 없는 것으로 되어 있다<sup>152-153</sup>. 그러나, 저농도 산소를 사용한 가슴압박 소생술에서 자발순환회복(ROSC)에 대한 연구가 앞으로 더 필요한 상황이다. 과산소로 인해서 오는 합병증의 위험을 낮추기 위해서 심장박동수가 회복된 직후에 산소의

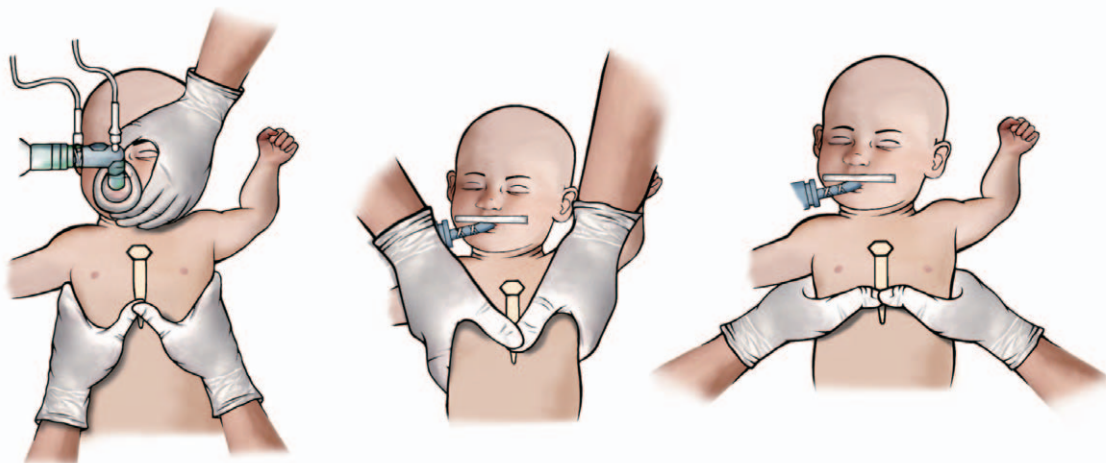


Fig. 6. Two-thumb encircling technique of chest compression.

농도를 낮추어야 한다.

신생아 소생술이 잘 진행되고 있는지를 평가하는 유일한 도구는 심장박동수이다. 그 외에 호기말 이산화탄소농도, 산소포화도 측정기 등이 자발순환회복의 확인에 도움을 줄 수는 있다<sup>154)</sup>. 그러나, 심장무수축 혹은 서맥을 동반한 신생아에서는 아직까지 확립된 바가 없으므로, 자발순환회복을 감지해 내기 위한 목적으로 호기말 이산화탄소농도, 맥박 산소측정기 등의 일괄적 사용은 권장하지 않는다.

## 약물요법

갓난 신생아의 소생술에서는 약물이 잘 사용되지는 않는다. 신생아에서의 서맥은 대부분이 폐의 불충분한 팽창이나 극심한 저산소증에서 유발되는데, 이는 적절한 환기량을 도와줌으로써 대부분 교정된다. 그러나, 100% 산소로 환기요법을 충분히 하고 가슴압박을 했음에도 불구하고 심장박동수가 분당 60회 미만이라면, 에피네프린이나 혈장확장을 위한 수액요법이 필요하다<sup>5)</sup>.

약물을 투여할 수 있는 방법으로는 체대정맥 확보가 가장 빠르게 접근하는 방법이다. 이때 카테터는 2-4 cm 정도만 삽입한 후 쉽게 피가 역류되는 것을 확인한다(Fig. 7).

### 1. 에피네프린

에피네프린에 대한 검토는 2010년에 있었고<sup>5)</sup>, 권장 용량은 이후로 변동 없이 유지되었다<sup>10,11)</sup>. 정맥 주사용량은 0.01-0.03 mg/kg 으로 하며, 1:10,000 으로 희석된 용액을 사용한다. 정맥 주사 경로가 아직 확보되지 않았을 때에는 필요 시에 기관내삽관을 통한 투여로서 0.05-0.1 mg/kg로 사용하는 것이 합당할 것이다. 에피네프린을 기

도 삽관 내로 투여하는 것에 대해 지지하는 연구결과가 부족하기 때문에, 정맥 투여 경로가 확보된다면 곧바로 정맥 투여를 하는 것을 권장한다.

### 2. 혈장확장 수액요법(volume expansion)

혈장확장 수액요법은 2011년 가이드라인에서와 같이 실혈이 있었다는 것을 알고 있거나, 혹은 그러한 상황의 심될 때(창백한 피부, 관류상태 불량, 약한 맥박), 소생술에 반응 없이 아기의 심장박동수가 정상으로 돌아오지 않는다면, 혈장확장 수액요법을 고려할 수 있다<sup>5,10,11)</sup>. 등장성 결정질 용액, 혹은 수혈제제를 사용할 수 있다. 권장 용량은 10 mL/kg 이고 필요 시에 반복 투여가 가능하다. 만약, 이러한 상황이 미숙아에서 일어난다면, 가급적 천천히 투여해야 뇌실 내 출혈 등 합병증의 위험을 줄일 수 있다<sup>5)</sup>.

## 소생술 후 관리

생체활력 징후가 정상으로 돌아왔더라도 언제든지 다시 악화될 수 있기 때문에, 세심한 관찰과 관리가 필요하다.

### 1. 혈당

2011년 신생아 소생술 가이드라인에서 저산소-허혈성 뇌병증이 나타난 후에, 혈당 유지 여부가 뇌신경 합병 및 예후에 미칠 수 있는 역할에 대해 검토가 있었다. 저혈당은 뇌 손상 위험의 증가와 연관되어 있는 반면, 증가된 혈당수치는 방어 역할을 할 수도 있다. 그러나, 특정한 혈당 범위를 한정 지어 유지하도록 권유할 만한 근거는 없었다<sup>10,11)</sup>.

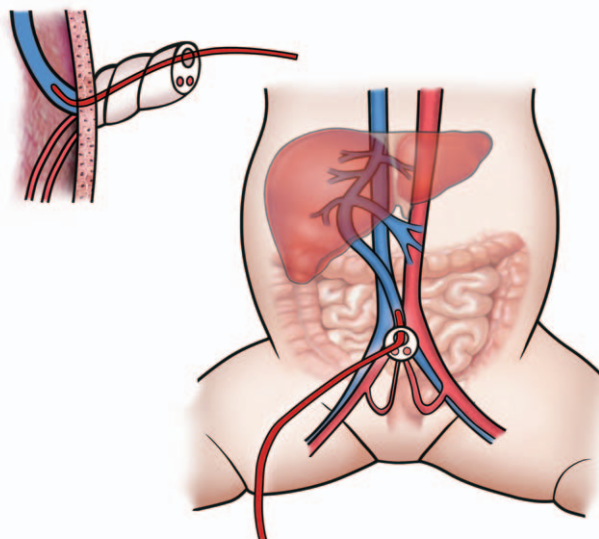


Fig. 7. Correct placement of umbilical venous catheter.



## 2. 치료적 저체온요법

### 1) 자원이 충분한 지역

치료적 저체온요법은 재태주령이 36주 이상이면서, 중등도 내지는 중증의 저산소성-허혈성뇌병증의 신생아를 대상으로 한다. 이를 적용할 때에는 학술지에 게재된 임상시험이 수행되었던 것에 준하는 가이드라인을 명확하게 따라야 하며 다학적 치료적 접근 및 장기적 추적이 가능한 병원에서 시행할 것을 권고하였다<sup>10,11)</sup>. 이러한 권고사항에는 현재까지 변동 없다.

### 2) 자원이 제한된 지역

자원이 제한된 지역에서 치료적 저체온 요법을 시행하는 데에 대해서 몇 가지의 연구가 진행된 바 있다. 자격을 갖춘 의료진이 없거나, 장비가 불충분한 조건의 지역에서 치료적 저체온 요법을 시행하고자 한다면, 다학적 치료적 접근 및 장기적 추적이 가능한 병원에서 하도록 하며, 학술지에 게재된 임상시험에 준하는 지침서를 명확하게 따라서 시행하는 것을 고려할 수 있다<sup>155,156)</sup>.

## 소생술 보류 및 소생술 중단

생존 가능성의 경계에 있거나 사망률 및 이환율이 매우 높을 것이 예상되는 경우에 대처하는 자세는 지역에 따라 혹은 자원의 접근 가능성에 따라 다양한 양태로 차이가 났다. 뿐만 아니라, 매우 심하게 이환된 신생아에서 소생술의 시작과 치료의 유지를 결정하는 데에 있어서, 부모가 많은 부분을 관여하기를 바라는 것으로 나타났다. 소생술을 시작하지 않는 것과, 소생술의 중간이나 혹은 나중에 이를 중단하는 것은 양쪽 모두에서 윤리적으로 동등한 문제이다. 소생술 적응증이 되지 않을 때이거나, 혹은 소생술 후에 예후가 불명확한 상황에 놓일 때에는 부모의 요구사항을 지지해 주어야 한다<sup>10,11)</sup>.

초미숙아가 출생 후에 생존 예후가 어떠한 것인지 혹은, 장애에 의한 예후가 어떠한 것인지에 대해 출생 전에 판단할 수 있는 근거는 일반적으로 재태주령이 유일하다. 특정 인구집단에서 산출된 자료들을 바탕으로 학술지에 게재된 몇 가지 예후 관련 도구들이 이환율의 정도를 결정하는 데에 사용될 수 있다. 이 도구에는 성별, 산전 스테로이드 사용 여부, 그리고 다태아 여부 등의 변수가 포함된다.

### 1. 소생술 보류

재태주령 25주 미만에서 출생 직후 예후를 판단할 때, 재태주령 단독으로 기준을 삼는다. 재태주령 이외에 다른 전향적인 점수체계는 없다. 어떠한 점수 체계도 의사로 하여금 출생 후 18-22개월 동안의 생존 가능성을 평가하는데 도움

을 주지는 못했기 때문이다. 그러나 25주 미만에서 가족들과 상담을 하거나 생존 예후에 대해 조언을 할 때에는, 재태주령 추정치의 정확성 여부, 용모양막염의 여부, 분만 지역의 의료서비스 수준 등을 고려해서 사례별로 고려해 보는 것이 합당하다. 25주 미만에서 소생술을 시행하는 것이 적절한가에 대해서는 지역별 가이드라인에 영향을 받을 수 있다.

## 2. 소생술의 중단

10분이 지난 후에 아프가 점수가 0점인 경우, 심박수가 없다면 호흡 보조를 중단할 수 있는데, 10분 아프가 점수가 0점인 것은 만기 미숙아(late preterm) 혹은 만삭아에 있어서 사망률 및 이환율의 강력한 예측인자이기 때문이다. 그러나 이러한 경우 아기를 소생시키는 노력을 중단할지 말지에 대한 결정은 환자 별로 개별화되어야 한다. 이때 고려되어야 할 부분으로는 소생술 제공 여부가 최선인지, 치료적 저체온 요법 등의 차후 고급화된 치료가 가능한지, 손상의 시기 등이 분만 상황과 어떠한 관계를 가지는지, 가족들이 어떻게 받아들이는지 등이 있다<sup>157-158)</sup>.

## 소생술 교육 프로그램

### 1. 소생술 의료진 교육

신생아 소생술 교육에 있어서 시뮬레이션이 표준 교육법이 되어야 한다<sup>5)</sup>. 몇몇 연구들에 의하면 의료진이나 의대 학생들에서 얼마나 자주 교육을 하느냐는 환자의 예후 성과에 영향을 미치지 않는 것으로 나왔으나, 최소 6개월 이하의 간격으로 교육했을 때, 정신운동 수행도(psy-chomotor performance) 및 지식향상 및 자신감 향상에 있어서 몇 가지 장점이 있는 것으로 되어 있다<sup>159,160)</sup>.

### 2. 소생술 강사 교육

의료진을 교육하는 강사교육에 있어서, 교육을 제공하는 것과 강사들의 수행 성과에 있어서는 특별한 연관이 없는 것으로 되어 있다<sup>161,162)</sup>. 최적의 강사 훈련 방법에 대한 연구가 더 나오기 전까지는, 강사들이 교육을 받을 때 적절한 시기의 객관화되고, 구조화된 개별의 피드백에 기반해야 할 것이며 아직 국내에서의 신생아 소생술 강사교육은 차후 더 많은 논의가 필요한 단계이다.

## References

1. Ersdal HL, Mduma E, Svensen E, Perlman JM. Early initiation of basic resuscitation interventions including face mask ventilation may reduce birth asphyxia related mor-

- tality in low-income countries: a prospective descriptive observational study. *Resuscitation*. 2012;83:869-73.
2. Perlman JM, Risser R. Cardiopulmonary resuscitation in the delivery room. Associated clinical events. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1995;149:20-5.
  3. Barber CA, Wyckoff MH. Use and efficacy of endotracheal versus intravenous epinephrine during neonatal cardiopulmonary resuscitation in the delivery room. *Pediatrics*. 2006;118:1028-34.
  4. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, Wyckoff MH, Aziz K, Guinsburg R, 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.
  5. Kattwinkel J, Perlman JM, Aziz K, Colby C, Fairchild K, Gallagher J, et al. Part 15: neonatal resuscitation: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010;122:S909-19.
  6. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, Wyckoff MH, Aziz K, Guinsburg R, 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.
  7. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, Wyckoff MH, Aziz K, Guinsburg R, et al. Part 7: Neonatal Resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations (Reprint). *Pediatrics*. 2015;136:S120-66.
  8. 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.
  9. Wyckoff MH, Aziz K, Escobedo MB, Kapadia VS, Kattwinkel J, Perlman JM, et al. Part 13: Neonatal Resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care (Reprint). *Pediatrics*. 2015;136:S196-218.
  10. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, Atkins DL, Chameides L, Goldsmith JP, 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.
  11. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, Atkins DL, Chameides L, Goldsmith JP, et al. Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation*. 2010;81:e260-87.
  12. Committee on Obstetric Practice, American College of Obstetricians and Gynecologists. Committee Opinion No.543: Timing of umbilical cord clamping after birth. *Obstet Gynecol*. 2012;120:1522-6.
  13. Hosono S, Mugishima H, Fujita H, Hosono A, Minato M, Okada T, et al. Umbilical cord milking reduces the need for red cell transfusions and improves neonatal adaptation in infants born at less than 29 weeks' gestation: a randomised controlled trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2008;93:F14-9.
  14. Katheria AC, Leone TA, Woelkers D, Garey DM, Rich W, Finer NN. The effects of umbilical cord milking on hemodynamics and neonatal outcomes in premature neonates. *J Pediatr*. 2014;164:1045-50.
  15. March MI, Hacker MR, Parson AW, Modest AM, de Veciana M. The effects of umbilical cord milking in extremely preterm infants: a randomized controlled trial. *J Perinatol*. 2013;33:763-7.
  16. Acolet D, Elbourne D, McIntosh N, Weindling M, Korkodilos M, Haviland J, et al. Project 27/28: inquiry into quality of neonatal care and its effect on the survival of infants who were born at 27 and 28 weeks in England, Wales, and Northern Ireland. *Pediatrics*. 2005;116:1457-65.
  17. Bateman DA, O'Bryan L, Nicholas SW, Heagarty MC. Outcome of unattended out-of-hospital births in Harlem. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1994;148:147-52.
  18. Bhoopalam PS, Watkinson M. Babies born before arrival at hospital. *Br J Obstet Gynaecol*. 1991;98:57-64.
  19. Boo NY, Guat-Sim Cheah I. Admission hypothermia among VLBW infants in Malaysian NICUs. *J Trop Pediatr*. 2013;59:447-52.
  20. Buetow KC, Klein SW. Effect of maintenance of "normal" skin temperature on survival of infants of low birth weight. *Pediatrics*. 1964;34:163-70.
  21. Costeloe K, Hennessy E, Gibson AT, Marlow N, Wilkinson AR. The EPICure study: outcomes to discharge from hospital for infants born at the threshold of viability. *Pediatrics*. 2000;106:659-71.
  22. Costeloe KL, Hennessy EM., Haider S, Stacey F, Marlow N, Draper ES. Short term outcomes after extreme preterm birth in England: comparison of two birth cohorts in 1995 and 2006 (the EPICure studies). *BMJ*. 2012;345:e7976.
  23. da Mota Silveira SM, Goncalves de Mello MJ, de Arruda Vidal S, de Frias PG, Cattaneo A. Hypothermia on admission: a risk factor for death in newborns referred to the Pernambuco Institute of Mother and Child Health. *J Trop Pediatr*. 2003;49:115-20.
  24. Daga AS, Daga SR, Patole SK. Determinants of death among admissions to intensive care unit for newborns. *J*

- Trop Pediatr. 1991;37:53-6.
25. de Almeida MF, Guinsburg R, Sancho GA, Rosa IR, Lamy ZC, Martinez FE, et al. Hypothermia and early neonatal mortality in preterm infants. *J Pediatr*. 2014;164:271-5.
  26. Garcia-Munoz Rodrigo F, Rivero Rodriguez S, Siles Quesada C. Hypothermia risk factors in the very low weight newborn and associated morbidity and mortality in a neonatal care unit. *An Pediatr (Barc)*. 2014;80:144-50.
  27. Harms K, Osmers R, Kron M, Schill M, Kuhn W, Speer CP, et al. Mortality of premature infants 1980-1990: analysis of data from the Gottingen perinatal center. *Z Geburtshilfe Perinatol*. 1994;198:126-33.
  28. Hazan J, Maag U, Chessex P. Association between hypothermia and mortality rate of premature infants-revisited. *Am J Obstet Gynecol*. 1991;164:111-2.
  29. Jones P, Alberti C, Jule L, Chabernaud JL, Lode N, Sieurin A, et al. Mortality in out-of-hospital premature births. *Acta Paediatr*. 2011;100:181-7.
  30. Kent AL, Williams J. Increasing ambient operating theatre temperature and wrapping in polyethylene improves admission temperature in premature infants. *J Paediatr Child Health*. 2008;44:325-31.
  31. Laptook AR, Salhab W, Bhaskar B. Admission temperature of low birth weight infants: predictors and associated morbidities. *Pediatrics*. 2007;119:e643-9.
  32. Lee HC, Powers RJ, Bennett MV, Finer NN, Halamek LP, Nisbet C, et al. Implementation methods for delivery room management: a quality improvement comparison study. *Pediatrics*. 2014;134:e1378-86.
  33. Levi S, Taylor W, Robinson LE, Levy LI. Analysis of morbidity and outcome of infants weighing less than 800 grams at birth. *South Med J*. 1984;77:975-8.
  34. Manani M, Jegatheesan P, DeSandre G, Song D, Showalter L, Govindaswami B. Elimination of admission hypothermia in preterm very low-birth-weight infants by standardization of delivery room management. *Perm J*. 2013;17:8-13.
  35. Manji KP, Kisenge R. Neonatal hypothermia on admission to a special care unit in Dar-es-Salaam, Tanzania: a cause for concern. *Cent Afr J Med*. 2003;49:23-7.
  36. Mathur NB, Krishnamurthy S, Mishra TK. Evaluation of WHO classification of hypothermia in sick extramural neonates as predictor of fatality. *J Trop Pediatr*. 2005;51:341-5.
  37. Miller SS, Lee HC, Gould JB. Hypothermia in very low birth weight infants: distribution, risk factors and outcomes. *J Perinatol*. 2011;31:S49-56.
  38. 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*. 2010;164:650-6.
  39. Obladen M, Heemann U, Hennecke KH, Hanssler L. Causes of neonatal mortality 1981-1983: a regional analysis. *Z Geburtshilfe Perinatol*. 1985;189:181-7.
  40. Ogunlesi TA, Ogunfowora OB, Adekanmbi FA, Fetuga BM, Olanrewaju DM. Point-of-admission hypothermia among high-risk Nigerian newborns. *BMC Pediatr*. 2008;8:40.
  41. Pal DK, Manandhar DS, Rajbhandari S, Land JM, Patel N, de L Costello AM. Neonatal hypoglycaemia in Nepal I. Prevalence and risk factors. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2000;82:F46-51.
  42. Shah S, Zemichael O, Meng HD. Factors associated with mortality and length of stay in hospitalised neonates in Eritrea, Africa: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2012;2.
  43. 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.
  44. Sodemann M, Nielsen J, Veirum J, Jakobsen MS, Biai S, Aaby P. Hypothermia of newborns is associated with excess mortality in the first 2 months of life in Guinea-Bissau, West Africa. *Trop Med Int Health*. 2008;13:980-6.
  45. Stanley FJ, Alberman EV. Infants of very low birthweight. I: Perinatal factors affecting survival. *Dev Med Child Neurol*. 1978;20:300-12.
  46. Wyckoff MH, Perlman JM. Effective ventilation and temperature control are vital to outborn resuscitation. *Prehosp Emerg Care*. 2004;8:191-5.
  47. Bartels DB, Kreienbrock L, Dammann O, Wenzlaff P, Poets CF. Population based study on the outcome of small for gestational age newborns. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2005;90:F53-9.
  48. Carroll PD, Nankervis CA, Giannone PJ, Cordero L. Use of polyethylene bags in extremely low birth weight infant resuscitation for the prevention of hypothermia. *J Reprod Med*. 2010;55:9-13.
  49. Gleissner M, Jorch G, Avenarius S. Risk factors for intraventricular hemorrhage in a birth cohort of 3721 premature infants. *J Perinat Med*. 2000;28:104-10.
  50. Herting E, Speer CP, Harms K, Robertson B, Curstedt T, Halliday HL, et al. Factors influencing morbidity and mortality in infants with severe respiratory distress syndrome treated with single or multiple doses of a natural porcine surfactant. *Biol Neonate*. 1992;61:26-30.
  51. Van de Bor M, Van Bel F, Lineman R, Ruys JH. Perinatal factors and periventricular-intraventricular hemorrhage in preterm infants. *Am J Dis Child*. 1986;140:1125-30.
  52. DeMauro SB, Douglas E, Karp K, Schmidt B, Patel J, Kronberger A, et al. Improving delivery room management for very preterm infants. *Pediatrics*. 2013;132:e1018-

- 25.
53. Harms K, Herting E, Kron M, Schill M, Schiffmann H. Importance of pre- and perinatal risk factors in respiratory distress syndrome of premature infants. A logical regression analysis of 1100 cases. *Z Geburtshilfe Neonatol.* 1997;201:258-62.
54. Reilly MC, Vohra S, Rac VE, Dunn M, Ferrelli K, Kiss A, et al. Randomized trial of occlusive wrap for heat loss prevention in preterm infants. *J Pediatr.* 2015;166:262-8.
55. Russo A, McCready M, Torres L, Theuriere C, Venturini S, Spaight M, et al. Reducing hypothermia in preterm infants following delivery. *Pediatrics.* 2014;133:e1055-62.
56. Zayeri F, Kazemnejad A, Ganjali M, Babaei G, Khanafshar N, Nayeri F. Hypothermia in Iranian newborns. Incidence, risk factors and related complications. *Saudi Med J.* 2005;26:1367-71.
57. Anderson S, Shakya KN, Shrestha LN, Costello AM. Hypoglycaemia: a common problem among uncomplicated newborn infants in Nepal. *J Trop Pediatr.* 1993;39:273-7.
58. Ladic-Mitrovic T, Djukic M, Cutura N, Andjelic S, Curkovic A, Soldo V, et al. Transitory hypothermia as early prognostic factor in term newborns with intrauterine growth retardation. *Srp Arh Celok Lek.* 2010;138:604-8.
59. Lenclen R, Mazraani M, Jugie M, Couderc S, Hoenn E, Carbajal R, et al. Use of a polyethylene bag: a way to improve the thermal environment of the premature newborn at the delivery room. *Arch Pediatr.* 2002;9:238-44.
60. Sasidharan CK, Gokul E, Sabitha S. Incidence and risk factors for neonatal hypoglycaemia in Kerala, India. *Ceylon Med J.* 2004;49:110-3.
61. Mullany LC. Neonatal hypothermia in low-resource settings. *Semin Perinatol.* 2010;34:426-33.
62. 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.
63. 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.
64. 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.
65. 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.
66. 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.
67. 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.
68. 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.
69. 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.
70. Alexander JM, McIntire DM, Leveno KJ. Chorioamnionitis and the prognosis for term infants. *Obstet Gynecol.* 1999;94:274-8.
71. 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.
72. 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.
73. 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.
74. Lieberman E, Lang J, Richardson DK, Frigoletto FD, Heffner LJ, Cohen A. Intrapartum maternal fever and neonatal outcome. *Pediatrics.* 2000;105:8-13.
75. 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.
76. Badawi N, Kurinczuk JJ, Keogh JM, Alessandri LM, O'Sullivan F, Burton PR, et al. Intrapartum risk factors for newborn encephalopathy: the Western Australian case-control study. *BMJ.* 1998;317:1554-8.
77. 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.
78. 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.
79. Linder N, Fridman E, Makhoul A, Lubin D, Klinger G, Laron-Kenet T, et al. Management of term newborns following maternal intrapartum fever. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2013;26:207-10.
80. Butwick AJ, Lipman SS, Carvalho B. Intraoperative forced air-warming during cesarean delivery under spinal

- anesthesia does not prevent maternal hypothermia. *Anesth Analg.* 2007;105:1413-19.
81. 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.
  82. Horn EP, Schroeder F, Gottschalk A, Sessler DI, Hiltmeyer N, Standl T, et al. Active warming during cesarean delivery. *Anesth Analg.* 2002;94:409-14.
  83. 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.
  84. 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.
  85. Belsches TC, Tilly AE, Miller TR, Kambeyanda RH, Leadford A, Manasyan A, et al. Randomized trial of plastic bags to prevent term neonatal hypothermia in a resource-poor setting. *Pediatrics.* 2013;132:e656-61.
  86. Leadford AE, Warren JB, Manasyan A, Chomba E, Salas AA, Schelonka R, et al. Plastic bags for prevention of hypothermia in preterm and low birth weight infants. *Pediatrics.* 2013;132:e128-34.
  87. 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.
  88. 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.
  89. Fardig JA. A comparison of skin-to-skin contact and radiant heaters in promoting neonatal thermoregulation. *J Nurse Midwifery.* 1980;25:19-28.
  90. Christensson K, Siles C, Moreno L, Belaustequi A, De La Fuente P, Lagercrantz H, 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.
  91. Christensson K. Fathers can effectively achieve heat conservation in healthy newborn infants. *Acta Paediatr.* 1996; 85:1354-60.
  92. Bystrova K, Widstrom AM, Matthiesen AS, Ransjo-Arvidson AB, Welles-Nystrom B, Wassberg C, 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.
  93. 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.
  94. Marin Gabriel MA, Llana Martin I, Lopez Escobar A, Fernandez 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.
  95. 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.
  96. 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.
  97. Al Takroni AM, Parvathi CK, Mendis KB, Hassan S, Reddy I, Kudair HA. Selective tracheal suctioning to prevent meconium aspiration syndrome. *Int J Gynaecol Obstet.* 1998;63:259-63.
  98. 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 e1201.
  99. Davis RO, Philips JB, 3rd, Harris BA, Jr, Wilson ER, Huddleston JF. Fatal meconium aspiration syndrome occurring despite airway management considered appropriate. *Am J Obstet Gynecol.* 1985;151:731-6.
  100. Dooley SL, Pesavento DJ, Depp R, Socol ML, Tamura RK, Wiringa KS. Meconium below the vocal cords at delivery: correlation with intrapartum events. *Am J Obstet Gynecol.* 1985;153:767-70.
  101. Hageman JR, Conley M, Francis K, Stenske J, Wolf I, Santi V, et al. Delivery room management of meconium staining of the amniotic fluid and the development of meconium aspiration syndrome. *J Perinatol.* 1988;8:127-31.
  102. Manganaro R, Mami C, Palmara A, Paolata A, Gemelli M. Incidence of meconium aspiration syndrome in term meconium-stained babies managed at birth with selective tracheal intubation. *J Perinat Med.* 2001;29:465-8.
  103. Peng TC, Gutcher GR, Van Dorsten JP. A selective aggressive approach to the neonate exposed to meconium-stained amniotic fluid. *Am J Obstet Gynecol.* 1996;175: 296-301.
  104. Rossi EM, Philipson EH, Williams TG, Kalhan SC. Meconium aspiration syndrome: intrapartum and neonatal attributes. *Am J Obstet Gynecol.* 1989;161:1106-10.
  105. Suresh GK, Sarkar S. Delivery room management of infants born through thin meconium stained liquor. *Indian Pediatr.* 1994;31:1177-81.

106. Yoder BA. Meconium-stained amniotic fluid and respiratory complications: impact of selective tracheal suction. *Obstet Gynecol.* 1994;83:77-84.
107. Kamlin CO, O'Donnell CP, Everest NJ, Davis PG, Morley CJ. Accuracy of clinical assessment of infant heart rate in the delivery room. *Resuscitation.* 2006;71:319-21.
108. Dawson JA, Saraswat A, Simionato L, Thio M, Kamlin CO, Owen LS, 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.
109. Kamlin CO, Dawson JA, O'Donnell CP, Morley CJ, Donath SM, Sekhon J, et al. Accuracy of pulse oximetry measurement of heart rate of newborn infants in the delivery room. *J Pediatr.* 2008;152:756-60.
110. Katheria A, Rich W, Finer N. Electrocardiogram provides a continuous heart rate faster than oximetry during neonatal resuscitation. *Pediatrics.* 2012;130:e1177-1181.
111. Mizumoto H, Tomotaki S, Shibata H, Ueda K, Akashi R, Uchio H, et al. Electrocardiogram shows reliable heart rates much earlier than pulse oximetry during neonatal resuscitation. *Pediatr Int.* 2012;54:205-7.
112. van Vonderen JJ, Hooper SB, Kroese JK, Roest AA, Narayan IC, van Zwet EW, et al. Pulse oximetry measures a lower heart rate at birth compared with electrocardiography. *J Pediatr.* 2015;166:49-53.
113. Mariani G, Dik PB, Ezquer A, Aguirre A, Esteban ML, Perez C, et al. Pre-ductal and post-ductal O<sub>2</sub> saturation in healthy term neonates after birth. *J Pediatr.* 2007;150:418-21.
114. Armanian AM, Badiie Z. Resuscitation of preterm newborns with low concentration oxygen versus high concentration oxygen. *J Res Pharm Prac.* 2012;1:25-9.
115. 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.
116. Lundstrom 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.
117. 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.
118. Rook D, Schierbeek H, Vento M, Vlaardingerbroek H, van der Eijk AC, Longini M, et al. Resuscitation of preterm infants with different inspired oxygen fractions. *J Pediatr.* 2014;164:1322-6.
119. Vento M, Moro M, Escrig R, Arruza L, Villar G, Izquierdo I, et al. Preterm resuscitation with low oxygen causes less oxidative stress, inflammation, and chronic lung disease. *Pediatrics.* 2009;124:e439-49.
120. 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.
121. Klingenberg C, Sobotka KS, Ong T, Allison BJ, Schmolzer GM, Moss TJ, et al. Effect of sustained inflation duration; resuscitation of near-term asphyxiated lambs. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2013;98:F222-7.
122. te Pas AB, Siew M, Wallace MJ, Kitchen MJ, Fouras A, Lewis RA, et al. Establishing functional residual capacity at birth: the effect of sustained inflation and positive end-expiratory pressure in a preterm rabbit model. *Pediatr Res.* 2009;65:537-41.
123. 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.
124. Lindner W, Hogel 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.
125. Lista G, Boni L, Scopesi F, Mosca F, Trevisanuto D, Messner H, et al. Sustained lung inflation at birth for preterm infants: a randomized clinical trial. *Pediatrics.* 2015;135:e457-64.
126. Lindner W, Hogel 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.
127. Lista G, Fontana P, Castoldi F, Cavigioli F, Dani C. Does sustained lung inflation at birth improve outcome of preterm infants at risk for respiratory distress syndrome? *Neonatology.* 2011;99:45-50.
128. Lindner W, Vossbeck S, Hummler H, Pohlandt F. Delivery room management of extremely low birth weight infants: spontaneous breathing or intubation? *Pediatrics.* 1999;103 (5 Pt 1):961-7.
129. Dawson JA, Schmolzer GM, Kamlin CO, Te Pas AB, O'Donnell CP, Donath SM, 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.
130. Szyld E, Aguilar A, Musante GA, Vain N, Prudent L, Fabres J, et al. Comparison of devices for newborn ventilation in the delivery room. *J Pediatr.* 2014;165:234-9.
131. 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.
132. 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.
133. Bennett S, Finer NN, Rich W, Vaucher Y. A comparison of three neonatal resuscitation devices. *Resuscitation*. 2005;67:113-8.
  134. Kelm M1, Proquitt H, Schmalisch G, Roehr CC. Reliability of two common PEEP-generating devices used in neonatal resuscitation. *Klin Padiatr*. 2009;221:415-8.
  135. Oddie S, Wyllie J, Scally A. Use of self-inflating bags for neonatal resuscitation. *Resuscitation*. 2005;67:109-12.
  136. 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.
  137. Finer NN, Rich W, Craft A, Henderson C. Comparison of methods of bag and mask ventilation for neonatal resuscitation. *Resuscitation*. 2001;49:299-305.
  138. Schmolzer GM, Morley CJ, Wong C, Dawson JA, Kamlin CO, Donath SM, et al. Respiratory function monitor guidance of mask ventilation in the delivery room: a feasibility study. *J Pediatr*. 2012;160:377-381.
  139. 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.
  140. Esmail N, Saleh M, et al. Laryngeal mask airway versus endotracheal intubation for Apgar score improvement in neonatal resuscitation. *Egypt J Anesthesiol*. 2002;18:115-21.
  141. Morley CJ, Davis PG, Doyle LW, Brion LP, Hascoet JM, Carlin JB; COIN Trial Investigators. Nasal CPAP or intubation at birth for very preterm infants. *N Engl J Med*. 2008;14;358:700-8.
  142. SUPPORT Study Group of the Eunice Kennedy Shriver NICHD Neonatal Research Network, Finer NN, Carlo WA, Walsh MC, Rich W, Gantz MG, Lupton AR, et al. Early CPAP versus surfactant in extremely preterm infants. *N Engl J Med*. 2010;362:1970-9.
  143. Dunn MS, Kaempf J, de Klerk A, de Klerk R, Reilly M, Howard D, et al. Vermont Oxford Network DRM Study Group. Randomized trial comparing 3 approaches to the initial respiratory management of preterm neonates. *Pediatrics*. 2011;128:e1069-76.
  144. 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.
  145. You Y. Optimum location for chest compressions during two-rescuer infant cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2009;80:1378-81.
  146. Meyer A, Nadkarni V, Pollock A, Babbs C, Nishisaki A, Braga M, et al. Evaluation of the Neonatal Resuscitation Program's recommended chest compression depth using computerized tomography imaging. *Resuscitation*. 2010; 81:544-8.
  147. 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.
  148. 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.
  149. Park J, Yoon C, Lee JC, Jung JY, Kim DK, Kwak YH, et al. Manikin-integrated digital measuring system for assessment of infant cardiopulmonary resuscitation techniques. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2014;18:1659-67.
  150. Dannevig I, Solevåg AL, Saugstad OD, Nakstad B. Lung injury in asphyxiated newborn pigs resuscitated from cardiac arrest - the impact of supplementary oxygen, longer ventilation intervals and chest compressions at different compression-to-ventilation ratios. *Open Respir Med J*. 2012;6:89-96.
  151. Dannevig I, Solevåg AL, Sonerud T, Saugstad OD, Nakstad B. Brain inflammation induced by severe asphyxia in newborn pigs and the impact of alternative resuscitation strategies on the newborn central nervous system. *Pediatr Res*. 2013;73:163-70.
  152. Lakshminrusimha S, Steinhorn RH, Wedgwood S, Savorgnan F, Nair J, Mathew B, et al. Pulmonary hemodynamics and vascular reactivity in asphyxiated term lambs resuscitated with 21 and 100% oxygen. *J Appl Physiol*. 2011;111:1441-7.
  153. Walson KH, Tang M, Glumac A, Alexander H, Manole MD, Ma L, et al. Normoxic versus hyperoxic resuscitation in pediatric asphyxial cardiac arrest: effects on oxidative stress. *Crit Care Med*. 2011;39:335-43.
  154. Chalak LF, Barber CA, Hynan L, Garcia D, Christie L, Wyckoff MH. End-Tidal CO<sub>2</sub> Detection of an Audible Heart Rate During Neonatal Cardiopulmonary Resuscitation After Asystole in Asphyxiated Piglets. *Pediatr Res*. 2011;69:401-5.
  155. Jacobs SE, Morley CJ, Inder TE, Stewart MJ, Smith KR, McNamara PJ, 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.
  156. 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.
  157. Kasdorf E, Lupton A, Azzopardi D, Jacobs S, Perlman

- JM: Improving infant outcome with a 10 min Apgar of 0. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2015 Mar;100:F102-5.
158. 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.
159. Ernst KD, Cline WL, Dannaway DC, Davis EM, Anderson MP, Atchley CB, et al. Weekly and consecutive day neonatal intubation training: comparable on a pediatrics clerkship. *Acad Med.* 2014;89:505-10.
160. Mosley CMJ, Shaw BNJ. 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.
161. 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.
162. Boerboom TBB, Jaarsma D, Dolmans DHJM, Scherpbier AJJA, Mastenbroek NJJM, Van Beukelen P. Peer group reflection helps clinical teachers to critically reflect on their teaching. *Med Teach.* 2011;33:e615-23.