

# 신생아 관리를 위한 최신 장비의 발전

## Recent Advances in Medical Equipments for Neonatal Care

최 영 룬

전남의대 소아과

Young Youn Choi, MD

Department of Pediatrics, Chonnam University College of Medicine

E-mail : yychoi@chonnam.ac.kr

J Korean Med Assoc 2006; 49(11): 990 - 1002

### Abstract

Although the survival and quality of life of high-risk babies including very tiny babies such as those with 500g of birth weight have improved since the 1970s due to the progress of medical technology, it is true that the medical personnel seem to be dependent more on the mechanics than on the visual inspection of patients. In Korea, the infant mortality rate has reached almost the same level to those in advanced countries such as Japan, Sweden, and the United States. In the past, medical equipments used to be very big in size and difficult to manage with complicated manuals. However, the equipments nowadays are smaller, more functional and safe, and simpler to manage. Since many kinds of medical equipments are used in the treatment and diagnosis of high-risk neonates in neonatal intensive care units (NICU), it is important to be able to use them safely and effectively. Medical personnel should understand the characteristics of the equipments and how to use them well, and also should consider their safety and cost-effectiveness.

**Keywords : Neonatal care; Medical equipment; Survival**

**핵심어 : 신생아 간호; 의료기기; 생존**

### 서론

신생아 의료에 있어서 의료기기의 발전은 1970년대 이후 약 30여년 동안 급속히 이루어져 왔고, 그 결과 출생체중 500g 미만의 작은 아이를 비롯한 고위험 신생아들이 생존하고 생명의 질도 향상되었지만 의료진들이 환자 상태를 직접 눈으로 보려하지 않고 기계에 더 의존하게 된 것도 사실이다. 한국도 지난 20~30년 동안 국가경제가 좋아지면서 신생아학 분야도 급격히 발전하여 생존 출산아 1,000명당 영아사망이 5 미만으로 선진국화되었다. 과거에는 의료기기가 너무 컸을 뿐만 아니라 조작도 복잡하고 어려운 것이 많았지만 요즘 개발된 것은 작으면서도 성능이 훨씬 좋고 안전하며 조작도 간편해지고 있다. 아이의 생존과 건강한 성장발달을 위해 개발된 다양한 의료기기를 어떤 경우 어떻게 안전하고 경제적으로 활용하는지가 무엇보다 중요하다. 본 논문은 실제 신생아 중환자실(neonatal intensive care unit, NICU) 환자의 치료와 진단에 사용되고 있는 최신기기를 중심으로 소개하고자 한다.

### 치료, 보육용 장비

#### 1. 기계적 보조 환기기

1953년 Donald와 Lord가 호흡곤란이 있는 신생아에

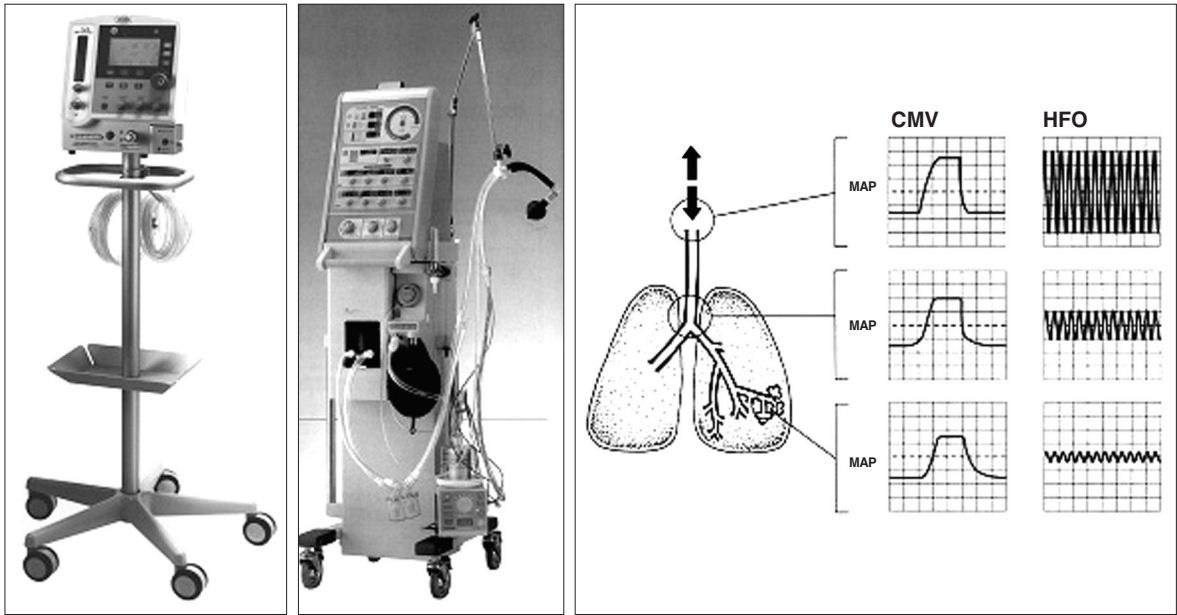


Figure 1. Intermittent mandatory ventilator (IMV) and high frequency oscillator (HFO)

주기성, 자동제어 인공호흡기(time-cycled, servo-controlled respirator)를, 그리고 1971년 Gregory 등은 호흡곤란증의 병인이 호기시 폐포 허탈이라고 생각하여 기관 내로 '지속적 기도양압법(continuous positive airway pressure, CPAP)'을 처음 시도하였다. 제1세대는 간헐적 강제호흡(intermittent mandatory ventilation, IMV)을 원칙으로 매 호흡주기에 CPAP이 병합되도록 하였고, 제2세대는 전자조절장치, 미로회로 및 diode 감시장치를 이용하여 민감도가 높고 반응시간도 빠르면서 여러 변수의 조절이 가능하게 되었으며, 90년대 초부터 개발된 제3세대는 동시성 간헐적 강제환기(synchronized IMV)와 보조-조절(assist/control) 방식 및 압력 지원형(pressure support) 기기로 발전하였다(1). 기계적 환기의 목적은 가능한 낮은 흡기산소농도( $\text{FiO}_2$ )와 낮은 최고 흡기압(PIP)으로 폐손상을 최소화하면서 적절한 동맥혈 이산화탄소분압( $\text{PaCO}_2$ )과 산소

분압( $\text{PaO}_2$ )을 유지하는 데 있다. 압력형과 용적형이 있는데, 신생아에서는 압력형이 많이 사용되며 기기는 아래와 같다(Figure 1)(2~12).

#### 1) CPAP

장기간 기계적 환기로부터의 이탈, 발관 후, 경이한 호흡곤란증후군, 중등도 무호흡발작 등 자발호흡이 가능할 때 호기 종말압을 양압으로 유지하는 호흡법으로서 nasal prong이나 비인두관을 이용한다(nasal CPAP).

#### 2) Pressure-limited, Time-cycled, Continuous-Flow ventilator

호흡곤란증에 가장 많이 사용된다. 공기와 산소가 혼합된 신선한 가온가습 가스가 지속적으로 나와 기도를 순환하면서 간헐적 강제호흡(IMV)을 시키면서 사이 사이에 자발호흡을 허락한다. 흡기압(PI), 호기압(PEEP), 호흡

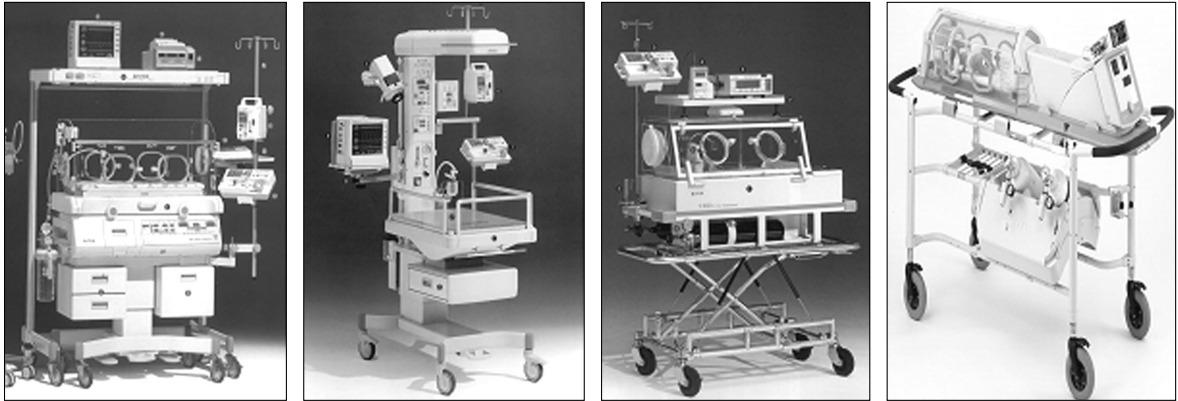


Figure 2. Infant incubator, warmer, transport incubator, and a special incubator for MRI

수, 흡기와 호기시간을 조절할 수 있으나, 일회 호흡량 (tidal volume) 조절이 잘 안되고 순응도(compliance) 변화에 적응이 어려우며 자발호흡이 있거나 호흡기와 'fighting' 시 공기누출 위험이 있다.

### 3) Synchronized, Patient-triggered(assist / control, pressure support) Ventilator

고식적 환기기에서 asynchrony 문제를 해결한 발전된 기기로 기도압, 기류 및 호흡운동 감지기능이 있어 자발호흡이 있을 때 사용하면 좋다. 흡기시 기류 또는 호흡운동을 측정하여 환아가 숨을 들이마실 때 동시에 간헐적으로 양압을 가해주고(synchronized IMV, SIMV), 무호흡 동안은 지속적으로 정해진 횟수의 IMV를 전해준다. 장점은 숨을 들이마실 때 양압을 가하므로 'fighting'이 줄고 'work of breathing'이 감소하며 진정시킬 필요도 적고 호흡기 이탈도 용이하다. 그러나 비싸고 사용이 복잡하며 artifact 때문에 부적절하게 trigger되는 단점이 있다.

### 4) HFO(High Frequency Oscillation)

고식적 환기법과 달리 폐의 사강(dead space)보다 작

은 1회 환기량(tidal volume)과 분당 300회 이상 빈호흡으로 폐포 호흡을 유지하는 환기방식으로 호흡주기 동안 폐용적이 비교적 일정하게 유지되므로 폐 손상이 적다. 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 모델은 HFOV (Humming V, Metran Medical Instrument Co, Saitama, Japan)로 호기가 능동적이고 호흡수는 분당 600~900회(10~15Hz)이다. 고식적 환기치료로 실패한 호흡곤란증, 공기누출 폐질환, 태변흡인 증후군, 비균질성 폐질환(국소성 폐렴), 폐형성부전(선천성 횡경막탈장) 등에서 사용된다.

### 5) Inhaled NO(iNO)

NO가 환기기 circuit를 통해 전달되면 평활근 내 cGMP를 증가시키고 actin-myosin 복합체를 이완시켜 폐동맥이 이완된 결과 폐동맥혈압이 선택적으로 저하되지만, 전신 순환계에서는 Hb과 결합되므로 영향을 주지 않는다. 재태주령 34주 이상이면 심한 지속성 폐동맥 고혈압 환자(oxygenation index가 25 이상)에서 고빈도 환기기를 이용해 사용한다. 대개 20ppm으로 시작하며, 산소화가 호전되어 4시간 이상 유지되고  $\text{FiO}_2$  0.6 미만

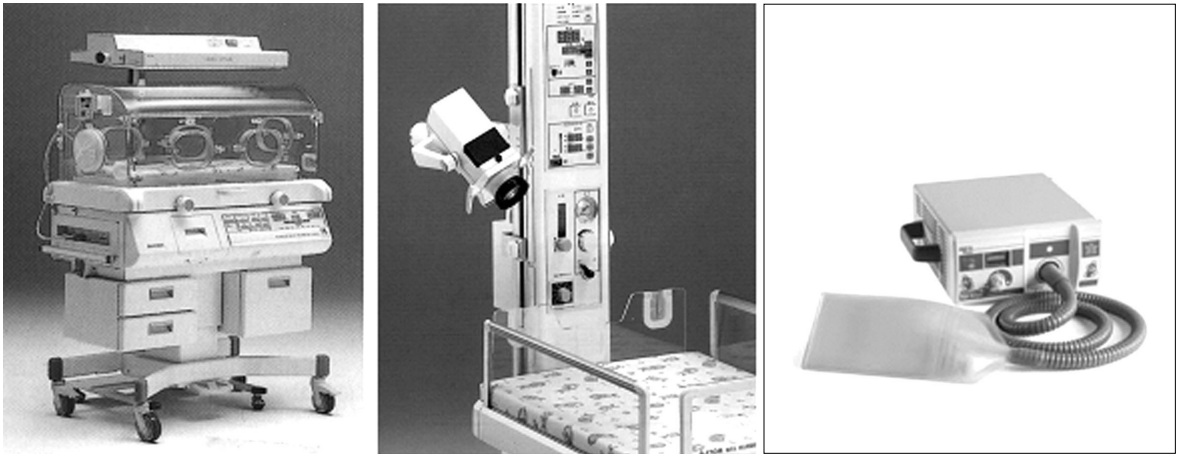


Figure 3. Phototherapy (classic type, halogen lamp, and fiberoptic blanket)

으로  $\text{PaO}_2$  60mmHg 이상  $\text{SaO}_2$  90% 이상 유지되면 20%씩 서서히 낮춘다. 대부분 5일 이내 사용하며 매일 metHb을 측정해야 한다.

## 2. 보육기, 복사형 가온기(Incubator, Radiant Warmer)

1878년 프랑스 산부인과 의사인 Tarnier씨가 파리의 한 동물원에 구경갔다가 닭이 알을 품으며 부화하는 모습을 보고 영감을 얻어 이중의 금속벽 사이로 따뜻한 물을 넣고 내부 공기를 덥게 하여 두 명의 미숙아를 살린 것이 보육기의 첫 유래이다(13). 신생아기는 자궁 내로부터 자궁 외 환경으로 적응하는 기간인데, 특히 미숙아는 체온 조절이 어려우므로 태내환경에 가깝게 해주어야 하며 보육기의 종류는 아래와 같다(Figure 2)(9~11).

### 1) 집중치료용 보육기(Infant Incubator)

기존의 일반형 보육기에 여러 기능이 첨가되어 극소 저출생 체중아와 고위험 신생아 간호에 용이한 장비들이 개발되고 있다. 환아 이동을 최소화하기 위해 체중계가 내장되어 있거나 감염 방지를 위해 bed 기울기 조절

손잡이가 후드 내부에 설치된 것도 있다. X-ray 카세트 트레이가 내장되거나 360도 회전식 매트리스가 있는 것도 있다. 체온손실을 막기 위해 이중벽으로 되어 있는 것도 있고, 최대습도를 95%까지 올릴 수 있으며 servo control 장비가 내장되어 원하는 농도의 산소를 공급하고 실제 투여되고 있는 측정값을 확인할 수 있는 것도 있다.

### 2) 복사형 보온기(Radiant Warmer)

개방형이어서 시술하기 좋으므로 중증 환아에서 보육기 대신 사용한다. Microprocessor 조절방식이며 X-ray 카세트 트레이가 내장되어 있는 것도 있고 열 조절이 5% 단위로 가능하여 신생아의 체온유지에 좋고 bed 기울기도 0에서 10도까지 조절이 가능하다.

### 3) 조합형 보육기

극소 저출생 체중아와 고위험 신생아의 간호를 위해 아기를 최대한 이동시킬 필요가 없도록 고안된 보육기와 복사형 가온기 조합형이 개발되었다.

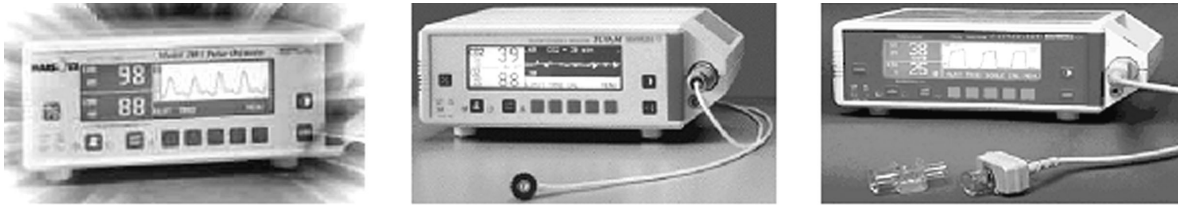


Figure 4. Pulse oximeter (SaO<sub>2</sub>), transcutaneous PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub> (PtO<sub>2</sub>, PtCO<sub>2</sub>) monitor and capnography (End tidal CO<sub>2</sub>)

#### 4) 이송용 보육기(Transport Incubator)

병원간 또는 병원 내에서 이송될 때 환자 상태를 안전하게 유지하기 위해 사용된다. 심박동, 혈압, 호흡수, 체온 및 SaO<sub>2</sub> 등 감시 장치가 장착되어 있는 것도 있으며, 최근에는 자기공명영상 검사시 이용할 수 있는 특수 보육기도 개발되었다.

### 3. 광선치료기(Phototherapy)

1958년 Cremer 등이 미숙아에서 햇빛 또는 청색의 형광빛에 노출 후 혈청 빌리루빈이 감소함을 보고한 것이 광선요법의 효시이다(14). 간접 빌리루빈이 가시광선을 받으면 간에서 직접형 빌리루빈으로 되는 포합과정을 거치지 않고도 수용성으로 바뀌어 배설되는 원리로, 가장 효과적인 파장은 420~450nm의 청색빛이고 종류는 아래와 같다(Figure 3)(9~11, 15).

#### 1) Light Banks

가장 효과적인 파장인 특수 청색등과 보통 형광등을 섞어주면 아이가 파랗게 보이지 않고 의료진의 눈도 덜 피곤하다. 대개 등은 3개월마다 교환해주는 것이 좋다.

#### 2) 할로겐램프

청색빛 효과가 있는 석영 할로겐램프가 사용되는데 아이 크기와 치료부위에 따라 빛의 크기를 조절할 수 있고

light pipe가 유연하여 위치조정이 용이하며 보육기나 가온장치 또는 roll stand에 장착하여 사용할 수 있는 장점이 있다.

#### 3) Fiberoptic Blankets(Biliblanket)

2,400가닥의 적외선과 자외선을 여과시킨 빛이 나오는 광섬유 담요를 아기 몸에 감은 후 옷을 입혀 사용하며 안대착용이 필요 없고 불감 수분손실이 적으며 집에서 사용할 수 있는 장점이 있다.

## 진단, 감시용 의료장비

### 1. 호흡기계 감시 장비

심폐기능에 문제가 있는 모든 환자에서 가스교환이 잘 되고 있는지, 부적절한 저산소혈증이나 고산소혈증, 또는 과다, 과소 환기는 없는지 감시해야 한다. 폐질환의 정도와 진행기간, 환자 상태, 동맥혈 접근 여부에 따라 비침습적 또는 침습적으로 감시한다(9~11, 16, 17).

#### 1) 비침습적 방법(Figure 4)

##### ① 산소포화도 측정기(Pulse Oximeter)

OxyHb은 적색광선보다 적외선(infrared, 940nm)을 더 많이 흡수하고 reduced Hb은 적외선보다 적색광선(red, 660nm)을 더 많이 흡수하는 성질을 이용한

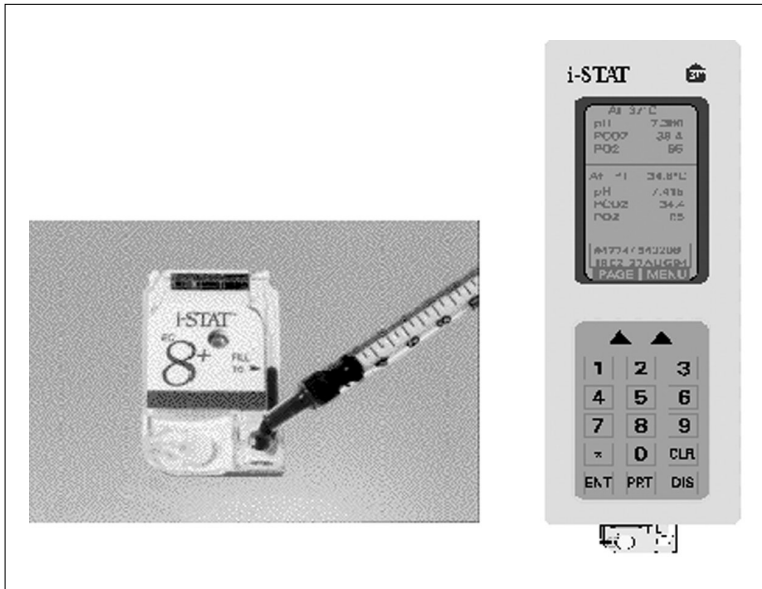


Figure 5. Blood gas and electrolyte analyzer

것으로, 혈중 산소포화도 농도( $\text{SaO}_2$ )와 맥박수를 동시에 측정할 수 있다. 손가락 또는 발가락에 착용하여 두 광원의 흡수율 차이(reduced Hb에 대한 oxyHb율)를 측정하기 때문에 calibration이 필요하지 않지만  $\text{SaO}_2$ 가 높은 경우 가끔 동맥혈 가스분석과 비교하여 고농도 산소를 피해야 한다. 박동성을 가진 동맥 헤모글로빈의 변화만을 측정하므로 가운할 필요가 없으며 측정값을 즉시 알 수 있다. 또한 민감한 변화도 알 수 있으며 실시간 추적할 수 있는 장점이 있다. 디지털 기술개발로 'true' 시그널만 감지하기 때문에 자주 움직이거나 말초혈액순환이 좋지 않은 환자들에게도 사용할 수 있다.

② 경피적 산소-이산화탄소 분압( $\text{PtcO}_2$ ,  $\text{PtcCO}_2$ ) 측정기  
모세혈관이 고루 분포된 피부에  $43^\circ\text{C}$ 로 가열된 감지기를 붙여 혈류를 동맥혈화시키면, 혈액 내  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ 들이 열에 의해 전기화학반응을 일으키면서 조직으로 확

산되는 산소분압과 이산화탄소분압을 막(membrane)으로 감지한다. 실제  $\text{PaO}_2$ ,  $\text{PaCO}_2$ 와 거의 비슷하지만 10~15분 정도의 calibration이 필요하고 급격한 변화를 반영하지 못한다. 또한 electrode가 비싸고 손상되기 쉬우며 오래 부착하면 피부에 화상을 입을 수 있고 막도 정기적으로 교체해 주어야 하는 단점이 있다. 실시간 표시하고 내장된 메모리에 저장했다가 그래프로 볼 수도 있으며, 최근에는 electrode 열에 의한 피부화상을 방지하기 위해 자동 타이머가 장착되어 있는 것도 있다.

### ③ Capnography(End-tidal $\text{CO}_2$ , $\text{PetCO}_2$ )

$\text{CO}_2$ 가  $4.28\mu\text{m}$ 의 적외선을 흡수하는 원리를 이용한 것으로 호기말 이산화탄소 함량이 안정된 수준(end-tidal  $\text{CO}_2$  plateau)에 도달했을 때의 수치(alveolar  $\text{CO}_2$ )를 연속 측정하는데, 환기수와 환기량의 영향을 받는다. Calibration이 필요하지 않고 환아 상태의 변화를 조기에 발견할 수 있으며 호흡기 설정이나 가스공급농도 평가할 수 있다. 또한  $\text{PaCO}_2$ 와 심박출량을 간접적으로 측정할 수 있고 파형으로 특정 폐질환의 진단도 가능하다. 종류는 infrared와 mass spectroscopy가 있고, 분석기 위치에 따라 main-또는 sidestream으로 구분되는데, mainstream infrared spectroscopy가 가장 많이 사용된다. 기존의 센서들은 무겁고 쉽게 파손되는데 비해 최근 것은 가볍고 견고하며 sidestream 포트를 장착하여 별도의 악세서리가 필요치 않고 혼란방지시스템이 장착되어 있어 데이터 신뢰도가 높고 기관지 삽관 여부에 관계없이 사용될 수 있다.

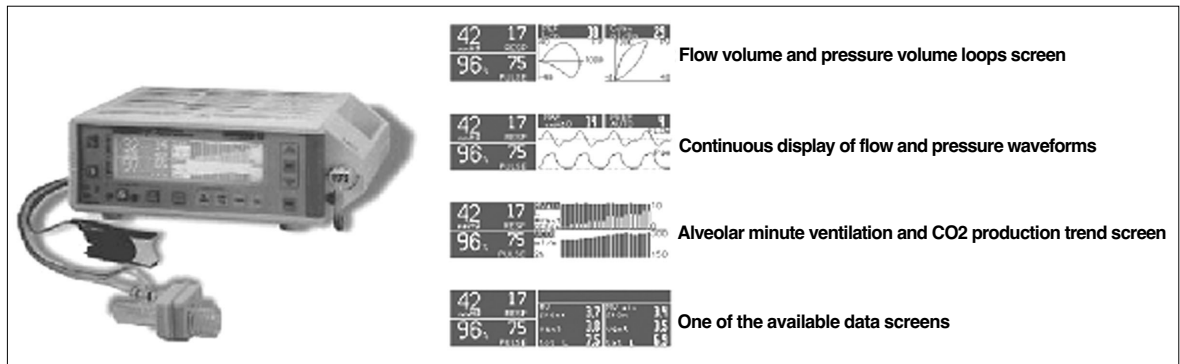


Figure 6. Respiratory profile (pulmonary function) monitor

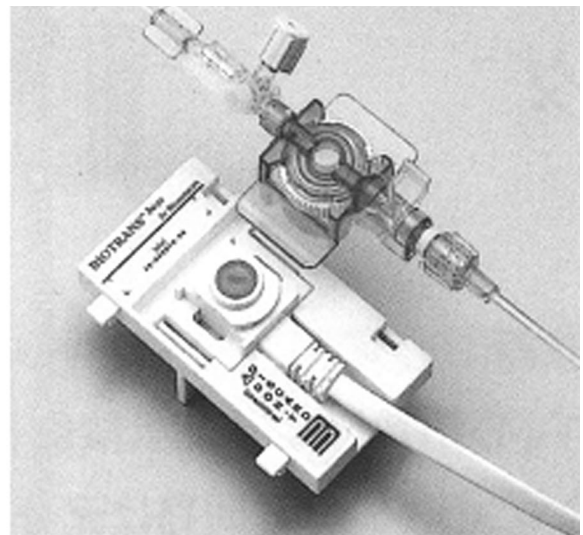


Figure 7. Blood pressure monitoring system

## 2) 침습적 방법

### ① 혈액가스 분석기

최근 간단한 조작만으로 환자 곁에서 2분 이내에 검사가 가능한 현장검사용(POCT) 시스템이 개발되었다. 특히 65 $\mu$ l 소량의 혈액을 사용하므로 빈혈을 예방하고 수혈횟수를 줄일 수 있다. 필요한 항목( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , BUN, glucose, pH,  $\text{PCO}_2$ ,  $\text{PO}_2$ ,  $\text{SaO}_2$ ,  $\text{TCO}_2$ , bicarbonate, base excess, anion gap, Hb, Hct,  $\text{Ca}^{++}$ , lac-

tate, creatinine)을 선택하여 사용할 수 있고 결과도 정확하다. 별도의 정도관리가 필요 없고 1회용 카트리지를 사용하므로 간편하며 폐기물 걱정도 없다(Figure 5).

### ② 산소분압 연속측정기

전극이 들어있는 특수 이중 내강의 도관을 제대동맥에 삽입하여 산소분압을 연속 측정하는 방법으로 혈액손실을 줄이는 장점이 있으나 신뢰성과 경비면에서 제한적이다.





Figure 8. Transcutaneous bilirubinometer (Minolta, Bilicheck), and unbound bilirubin (UB) analyzer

### 3) 폐기능 검사기기

검사의 목적은 폐기능을 안전히 정확하게 진단함으로써 질병의 진행 정도를 파악하여 치료방법을 정하고 치료 반응을 평가하며 예후를 예측하여 합병증을 줄이는 데 있다. 기존의 기기는 인공환기기의 선택사양으로 실시간 호흡만을 그래픽으로 표시하여 제한된 정보만 제공하고 카트를 이용해야 이동이 가능하였지만, 최근 개발된 것은 bedside에서 간단히 CO<sub>2</sub> 생산과 dead-space 등 60개에 달하는 호흡지표를 지속적으로 측정할 수 있고, 특히 VCO<sub>2</sub>, FeCO<sub>2</sub> 등 중요한 자료를 제공함으로써 호흡기 종류에 관계없이 적절한 호흡관리와 성공적인 이탈(weaning)을 도모하여 호흡기 치료일수 단축도 가능하게 되었다. 검사는 분비물 흡인 후 15~30분 또는 수유 후 1시간 이상 경과한 안정상태에서 양와위로 머리가 중앙에 위치하고 목이 구부러지지 않은 자세에서 실시한다(Figure 6).

## 2. 혈압 측정기

NICU에서 사용되고 있는 감시장치는 대개 호흡수, 심박, 혈압, pulse oximeter 등을 함께 측정한다. 기존의 특성을 잘 숙지하고 알람이 울리면 환자 상태를 눈으로 직접 자세히 보는 것이 우선이다. 혈압계의 종류는 아래와 같다(Figure 7)(9~11).

### 1) 비관혈적 혈압측정기

사용되는 기기의 대부분은 동맥 박동에 의한 cuff 내압의 변화를 기록하는 oscillometry법이다.

### 2) 관혈적 혈압측정기

제대동맥 또는 요골동맥을 확보하여 혈압 transducer에 접속하여 연속적으로 수축기, 확장기 및 평균 혈압을 측정한다. 중증 호흡곤란증후군이 있거나 PPHN에서 실시하며 자주 채혈이 필요한 경우 동맥을 확보하여 혈압까지 측정하면 유용하다.

## 3. 황달검사기기

신생아기에 가장 흔히 볼 수 있는 신생아 황달은 대부분 양성이지만 심한 경우 신경계 손상까지 초래할 수 있으므로 생후 일수에 따른 황달 정도를 주의깊게 보아야 하고, 실시방법은 다음과 같다(Figure 8)(9~11, 15).

### 1) 비침습적 방법(경피 황달측정기, Transcutaneous Bilirubinometer)

Probe를 통해 피하조직에 존재하는 빌리루빈의 황색 정도를 청색이나 녹색 파장대의 광학농도차로 구하는 원리이다. 기계 내에서 xenon tube를 발광시켜 피부의 얇



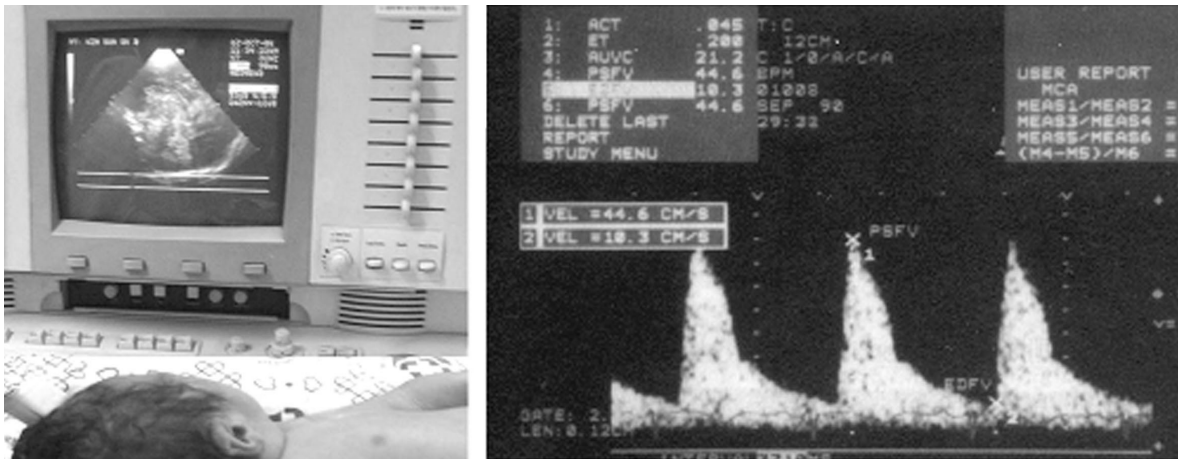


Figure 9. Cranial ultrasonography and resistance index (RI)

은 부분에서 반사되어온 광은 걸러내고 피하조직에서 반사되어온 광만을 분석하기 때문에 인종이나 피부색에 따른 영향은 거의 없다.

#### ① Minolta 황달계

기계 선단부를 피부 표면에 대고 일정압을 가하면 피하조직으로부터 반사된 광을 최대 빌리루빈 흡수계수(460nm)와 최소계수(550nm)로 분광하여 변환된 수치가 표시되는데, 이 수치에서 7을 뺀 값이 혈중 빌리루빈농도(mg/dl)이다. 피부성숙도와 관계가 있어 출생체중이 작은수록 실제보다 높게 나오고, 광선요법 도중이나 끝난 후 수시간 이내, 교환수혈 후 또는 신생아 용혈성황달처럼 빌리루빈이 급속히 상승하는 경우에도 실제와 차이가 나므로 주의해야 한다. 작고 가벼워 bedside에서 사용하기 편하며 calibration이 필요 없고 정기적인 점검으로 충분하다.

#### ② Bilicheck™

Minolta 황달계와 유사한 원리이나 100 이상의 파장대에서 반사광 spectrum을 해석하므로 멜라닌이나 콜라겐에 의한 영향이 적고 HPLC(high performance liquid chromatography) 측정치와 상관관계가 높다.

Disposable chip을 기기선단에 장착한 후 피부 표면에 일정한 압력을 가한 채 1~2초간 정지하고, 이를 연속 5회 실시하면 화면에 평균치가 표시된다. 일단 광선요법을 시작하면 실제보다 낮게 나오므로 추적관찰에는 부적절하다. 기계가 약간 커서 작은 아이에 사용할 때 기술이 필요하나 1회용이어서 감염 예방에 좋다.

#### 2) 침습적 방법

직접 혈청농도를 측정하는 것으로 고빌리루빈혈증의 진단 및 치료 시작과 중지 결정에 필수적이다.

#### ① Bilirubinometer

전용 셀(461nm의 흡광도를 측정하고 용혈에 의한 Hb는 551nm로 보정) 또는 헤마토크리팅 모세관(455nm에서 흡광도를 측정하고 575nm로 보정)을 이용하여 혈청총빌리루빈농도를 보는 것으로 간단하나 기계에 따라 오차가 크다.

#### ② UB(Unbound bilirubin) Analyzer

1969년 Brodersen 등이 알부민과 결합하지 않은 unbound 빌리루빈은 과산화수소 존재 하에서 peroxi-

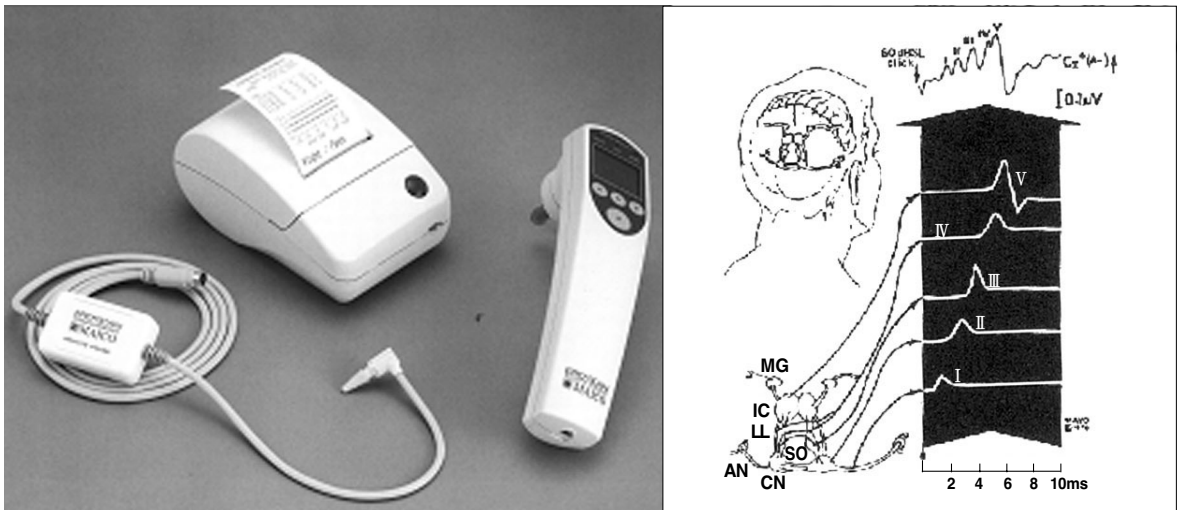


Figure 10. Otoacoustic emission (OAE) and auditory brainstem response (ABR)

dase를 작용시키면 쉽게 산화되지만 알부민과 결합한 빌리루빈은 산화되지 않는다는 원리로 제안했던 것을 Nakamura 등(9)이 반자동화한 UB 전용 측정기를 만들었는데, 종전의 방법에 비해 재현성이 좋고 개인차도 적으며  $25\mu\text{L}$  소량으로 총빌리루빈까지 동시에 측정할 수 있다. 특히 극소 저출생 체중아에서 교환수혈 여부를 결정하는 데 중요하다.

### ③ 혈청 빌리루빈 분획측정기

Diazo 시약을 이용하여 직접형 빌리루빈과 총빌리루빈 농도를 측정하고 그 차이로 간접형 빌리루빈을 구한다. 최근 빌리루빈 Oxidase법이 보급되어 있고 HPLC법으로 정기적인 정도관리를 한다. 직접형 빌리루빈 상승이나 지연성 고빌리루빈혈증의 원인 검색에 유용하다.

## 4. 뇌 영상 및 기능검사

신생아 중환자실 환아는 대부분 저출생체중 미숙아이거나 고위험 신생아이므로 뇌손상이 오기 쉽다. 많이 사용되는 검사는 아래와 같다(9~11).

### 1) 두부초음파(Port-Royal 방식)

대천문을 통해 초음파(5~7.5MHz)를 통과시켜 두개 내 병변을 보는 방법으로 bedside에서 전처치 하지 않고 반복 추적검사할 수 있다. 미숙아에서 지주막하 출혈이나 뇌실내 출혈 및 뇌실주위 백질연화증, 주산기 가사에서 기저핵 괴사나 허혈성 병변을 발견하는 데 유용하다. 측두부를 acoustic window로 하여 도플러로 중대동맥의 혈류박동을 파악하여 최대의 수축기 주파수변화분(수축기 속도, S)과 확장기 주파수변화분(확장기속도, D)을 측정하여 'resistance index(RI)'를 구한다( $RI = S - D/S$ ). RI는 동맥관개존, 과호흡, 뇌압항진시 높고 가사, 경련, 기흉의 경우 낮다(Figure 9).

### 2) Computed Tomography(CT)

초음파검사로 관찰하기 어려운 부위나 진단이 애매한 경우 실시하며 전처치를 필요로 한다. 최근의 CT는 multidirector-row CT(MDCT)로 종전의 helical CT에 비해 검사시간도 짧고 공간분해능도 향상되었다.

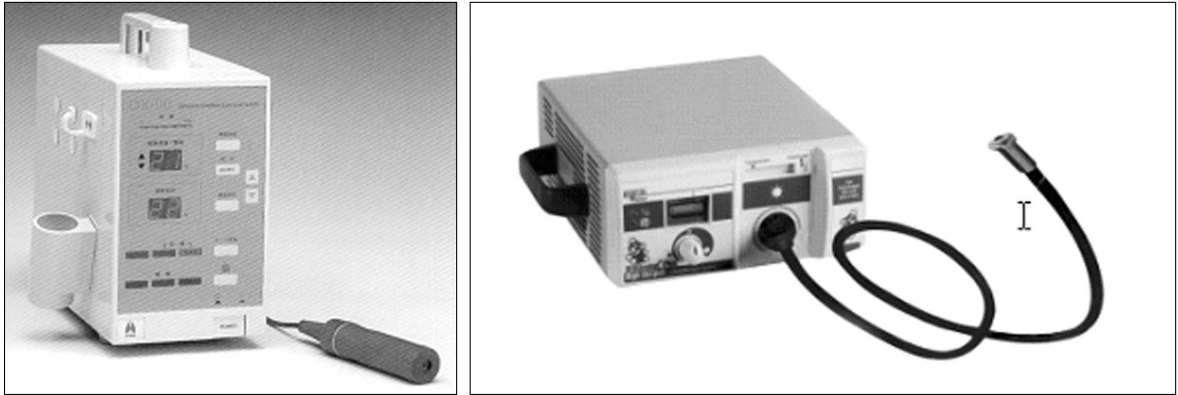


Figure 11. Oxygen controller and transilluminator

### 3) 자기공명영상(MRI)과 자기공명분석법(MRS)

MRI는 주로 만삭아에서 후두 또는 대뇌피질 병변을 발견하는 데 유용하다. MRS는 비침습적으로 생체 내 대사과정을 아는 방법으로, 특히 신생아 저산소성-허혈성 뇌증에서 phosphorus spectrum으로 초기에 뇌손상의 정도를 진단할 수 있으며, proton spectrum으로 뇌세포의 정상적도인 n-acetylaspartate 농도를 측정하여 후유증도 예견할 수 있다.

### 4) 양전자방출 단층촬영

(Positron Emission Tomography, PET)

표지된 대사물이나 약제를 양전자를 방출하는 방사성 동위원소에 투여하여 조사하고자 하는 기관의 방사능분포를 PET 스캐너로 영상화하는 것으로, 신생아 영역에서는 뇌혈류, 뇌혈량, 뇌포도당 대사 등을 측정하는 데 이용되며 뇌실내 출혈, 조산기 가사 및 경련시 이용될 수 있다.

### 5) 근적외선 분광(Near Infrared Spectroscopy)

현재까지 측정 불가능하였던 뇌의 산소화 정도와 혈류 역학적 변화를 bedside에서 지속적으로 관찰할 수 있어

조산기 가사 등 여러 질환에서 진단과 치료효과의 판정 및 신경학적 예후의 조기 예측에 이용되고 있다.

## 5. 청력 선별검사

선천성 난청은 생후 6개월 이전에 진단되면 예후가 좋으므로 선별검사가 꼭 필요하다. 현재 많이 이용되고 있는 것은 두 가지로 감수성과 특이성이 높고 비침습적이며 시간이 오래 걸리지 않는다(Figure 10)(9~11).

### 1) 유발 이음향방사(Transiently Evoked Otoacoustic Emissions, TEOAEs)

소리 자극 후 와우에서 발생한 음향에너지 진동파를 외이에서 측정함으로써 와우 기능을 알아보는 검사이다. 시행하기 쉽고 검사시간이 5분 이내로 짧으며 비침습적이고 객관적이며 저렴하다. 그러나 주위환경이나 소음에 의한 영향을 받으며 중이 병변이 있는 경우 결과가 정확치 않을 수 있고 청력손실의 정량적인 평가가 어렵다. 재검률이 높고 청신경이나 후미로(post-labyrinth)에 이상 있는 경우 정상으로 나올 수 있어 고위험군에서는 ABR을 이용한 보완검사가 필요하다.

## 2) 청성 뇌간반응

### (Auditory Brainstem Responses, ABR)

청각자극에 대한 뇌간의 유발전위를 측정하는 방법으로 신뢰도가 높고 정확하다. 재태주령 34주 이후부터 검사가 가능하며 주령이 증가할수록 파형은 좀 더 특징적인 형태를 가지게 된다. 정상적으로 5~7개의 파가 나타나며, 각 파를 순서대로 로마자로 표기해 청력손실의 정도를 나타낸다. 마취, 수면의 영향을 받지 않고 2,000~4,000Hz 고음역에 대한 평가가 정확하고 미로와 후미로에 대한 평가도 가능하다.

객관적인 청력판정에는 이상적이지만, 숙련된 청각사들이 20~30분 걸려서 실시하며 비용이 비싸고 관독도 쉽지 않아 모든 신생아를 대상으로 하는 선별검사로서는 적합하지 않다. 500~2,000Hz 저음역의 청력평가가 어려우며 진정이 필요하고 뇌간상부 이후의 청각전달로에 관한 정보를 얻을 수 없는 단점이 있다. 최근에는 ABR과 OAE를 동시에 검사할 수 있는 휴대용 자동장비가 개발되어 사용되고 있다.

## 6. 기 타

그 외 NICU에서 사용되는 흔히 기기는 아래와 같다 (Figure 11)(9~11).

### 1) 산소 자동조절기(Oxygen Controller)


NICU에서 사용하는 보육기 산소후드 등 산소공급 장비에 산소 자동조절기가 없는 경우 원하는 농도의 산소공급을 위해 산소 자동조절기를 사용하면 편리하다. 장비의 특징은 무단계 유량조정으로 급격한 변화 없이 부드럽게 조정되며 산소센서의 사용 기간이 길고 산소센서에 이상이 있거나 설정범위를 벗어나면 경보가 울려 안전하게 사용할 수 있다. 산소농도 설정은 22~97% 범위에서 가능

하고 산소 농도표시는 5~99%이며 센서의 수명은 대기 중에서 약 5년 정도이다.

### 2) Transilluminator

9,000룩스의 강한 빛을 내는 장비로 암실에서 적절히 빛의 강도를 조절하여 폐기흉이나 뇌수종과 같은 질환의 진단에 사용된다.

## 결 론

신생아 영역에서 의료기기의 혁신적인 발전은 신생아의 생존율을 높이고 예후를 향상시켰지만 실제 의료현장에서 의료기기에 대한 의존도가 높아져 의사들이 아기보다 기계를 쳐다보는 빈도가 더 많아지게 되었다. 인간보다 기계가 더 우수한 점도 있으나 환아의 미묘한 변화나 반응은 잘 숙련된 사람만이 알 수 있는 것도 있고 환자 개 개인의 발달단계에 개별성을 갖고 대응해야 하는 경우도 있으므로 기계에 너무 의존하는 것은 지양해야 하겠고, 의료기기를 안전하고 효과적으로 사용하기 위해서는 기기의 특성과 사용법에 대해 잘 숙지하여야 하며 기기의 안전성과 경제성도 고려해야 하겠다. 

## 참 고 문 헌

1. Morch ET. History of mechanical ventilation. In Kirby RR, Smith RA, et al. eds. Mechanical ventilation. New York: Churchill Livingstone, 1985: 1 - 58
2. Goldsmith JP, Karotkin EH. Introduction to assisted ventilation. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 1 - 14
3. Wiswell TE, Srinivasan PS. Continuous positive airway pres-

- sure. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 127 - 48
4. Spitzer AR, Greenspan JS, Fox WW. Positive—pressure ventilation: pressure—limited and time—cycled ventilation. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 149 - 70
  5. Mammel MC. High—frequency ventilation. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 183 - 202
  6. Donn SM, Becker MA. Special ventilatory techniques and modalities I: Patient—triggered ventilation. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 203 - 18
  7. Kinsellar J, Abman SH. Special ventilatory techniques and modalities III: Inhaled nitric oxide therapy. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 235 - 48
  8. Yun CK. Assisted ventilator therapy in newborn. 1st ed. Gwangmoon Express, 1998
  9. Nakamura H. Care of premature and newborn (Kobe University Medical School) 3rd ed. Nihon Shoni Ise Express, 1995
  10. Choi BM. Recent advances of medical apparatus in fields of neonatal care. J Korean Pediatr Soc 2002; 45(Suppl 1): 84 - 92
  11. Pi SY, Namgung R, Bae JW, et al. Neonatal intensive care manual (Korean Neonatology Society). 1st ed. Gwangmoon Express, 2003
  12. Eichenwald EC. Mechanical Ventilation. In Cloherty JP, Eichenwald EC, et al, eds. Manual of neonatal care. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003: 348 - 64
  13. Davis L, Mohay H, Edwards H. Mothers' involvement in caring for their premature infants: an historical overview. J Adv Nurs 2003; 42: 578 - 86
  14. Cremer RJ, Perryman Richards DH. Influence of light on the hyperbilirubinemia of infants. Lancet 1958; 1: 1094 - 7
  15. Martin CR, Cloherty JP. Neonatal hyperbilirubinemia. In Cloherty JP, Eichenwald EC, et al, eds. Manual of neonatal care. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003: 185 - 221
  16. Durand DJ, Phillips BL, Boloker J. Blood gases: Technical aspects and interpretation. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 279 - 92
  17. Bhutani VK, Sivieri EM. Pulmonary function and graphics. In Goldsmith JP, Karotkin EH, eds. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2003: 293 - 310



## Peer Reviewer Commentary

### 김 기 수 (울산의대 소아과)

신생아학의 괄목할 만한 발전에는 집중치료 장비의 발전이 큰 기여를 한 바 있다. 아주 작거나 위중한 아기들을 살리기 위하여 치료나 진단을 위한 장비들의 개발은 매우 중요하며, 지난 30여년간 각종 장비들이 새로이 개발되어 중환자실에서 사용되어지고 있다. 본 논문에서는 최근까지 개발되어 신생아 집중치료에 널리 사용되고 있는 진단 및 치료 장비들에 대하여 구체적이면서도 광범위한 고찰을 통하여, 신생아학 전문의가 아닌 일반 의사들도 쉽게 이해할 수 있도록 기술하였다. 의료가기가 아무리 발전하여도 가장 중요한 것은 이것을 사용하는 사람이라는 것을 강조한 결론에 동의한다.