

신생아 황달에서 광선치료 동안에 경피적 빌리루빈 측정기의 유용성

성균관대학교 의과대학 제일병원 소아과

이용권 · 김경아 · 고선영 · 이연경 · 신순문

Usefulness of the transcutaneous bilirubinometer during phototherapy in neonatal jaundice

Yung Kwun Lee, M.D., Kyung Ah Kim, M.D., Sun Young Ko, M.D.,
Yeon Kyung Lee, M.D. and Son Moon Shin, M.D.

Department of Pediatrics, Cheil General Hospital & Women's Healthcare,
Sungkyunkwan University, School of Medicine, Seoul, Korea.

Purpose : We studied the usefulness of transcutaneous bilirubinometers in follow-up of bilirubin levels during phototherapy in neonatal jaundice patients.

Methods : Transcutaneous bilirubin (TcB) was measured twice per day on 90 neonatal jaundice patients without risk factors of jaundice by transcutaneous bilirubinometer JM-103(Minolta/Hill-Rom Air-shields, Japan). TcB was measured simultaneously on the patched-forehead (TcB-PF), patched-chest(TcB-PC), unpatched-forehead (TcB-UF) and unpatched-chest (TcB-UC) of infants with neonatal jaundice. Plasma bilirubin (PB) was measured by American Optical bilirubinometer (American Optical Co, Buffalo, USA) within 30 minutes after transcutaneous bilirubinometer measurement. Each TcB was compared with PB.

Results : In the study group, the mean gestational age was 38.6 ± 1.3 wk, the mean birthweight was $3,207.0 \pm 472.1$ g, the mean age at start of phototherapy was 4.9 ± 0.9 days and the mean duration of phototherapy was 1.3 ± 0.6 days. The correlation between TcB and PB level was observed. The correlation between TcB of the patched part (TcB-PF, TcB-PC) and PB was more significant than that of the unpatched part (TcB-UF, TcB-UC) and PB. The most significant correlation was between PB and TcB-PC.

Conclusion : TcB was useful in the follow-up of jaundice during phototherapy as well the screening of jaundice in neonatal jaundice patients. TcB of patched-chest area was the most reliable site in transcutaneous bilirubinometer examination in neonatal jaundice patients. (**Korean J Pediatr** 2006;49:1296-1300)

Key Words : Transcutaneous, Bilirubin, Phototherapy, Jaundice

서 론

신생아 황달은 신생아기에 생후 첫 주내에 만삭아의 60%, 미숙아의 80%에서 나타날 정도로 흔하며¹⁾, 특히 아시아 인종에서 흔하고²⁻⁴⁾, 핵황달 및 사망까지의 심각한 후유증을 유발할 수 있기 때문에 신속하고 정확한 빌리루빈 농도의 측정과 추적검사와

및 적절한 치료는 예후에 매우 중요하다.

황달의 정도를 알기 위해 혈장 빌리루빈 측정법이 사용되고 있는데, 이중 American Optical Bilirubinometer(American Optical Co, Buffalo, USA)와 Mallory Everlyn(M-E) Diazo 법이 널리 사용되고 있다⁵⁻⁸⁾. 이들 방법은 신생아의 발뒤꿈치나 정맥혈에서 채혈하는 어려움이 있고 신생아에게 고통을 주며 때로는 채혈 부위에 염증을 유발하고^{9, 10)} 채혈시 번거로움 등 여러 가지 단점이 있다.

이에 일본의 Yamanouchi 등¹¹⁾은 채혈하지 않고 비침습적이며 쉽고, 안전하게 경피적으로 빌리루빈치를 측정할 수 있는 경피적 빌리루빈 측정기로 transcutaneous bilirubin(TcB)을 측정

접수 : 2006년 6월 20일, 승인 : 2006년 8월 22일

책임저자 : 고선영, 성균관대 제일병원 소아과

Correspondence : Sun Young Ko, M.D.

Tel : (02) 2000-7771 Fax : (02)2000-7789

E-mail : KOSYMD@unitel.co.kr.

하는 방법을 개발하였다. 이는 신생아에 있어서 총 혈장 빌리루빈치와 피부 조직에 존재하는 빌리루빈의 황색의 정도가 상관관계가 있다는 것에 기초한 경피적 검사로 간편성이 인정받고 있으며, 여러 연구^{11, 13, 18-21, 23)}에서 TcB와 발뒤꿈치 채혈을 통한 혈장으로 American Optical Bilirubinometer의 micro법을 사용한 혈장내 빌리루빈 측정치의 상관관계가 보고되었다^{12, 13)}.

그러나 광선치료를 받으면 혈장과 피부의 빌리루빈 농도 사이의 직선관계가 깨지며 광선치료가 시작되면 TcB의 정확도가 떨어져 혈장 빌리루빈치의 정확한 정도를 반영하지 못한다고 보고되었다^{11, 24)}. 따라서 본 연구자들은 광선치료 동안 경피적 빌리루빈 측정기를 추적 검사용으로도 사용 가능한지 여부를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2005년 6월부터 8월까지 제일병원 신생아실에서 출생하여 광선치료를 받은 35주에서 42주 사이의 황달의 임상적 위험성(미숙아, Rh 및 ABO 부적합증, 간손상 등 다른 합병증)이 없는 단순 황달이 있으면서 광선치료를 받았던 신생아 90명을 대상으로 하였다.

2. 방법

황달을 나타낸 신생아를 대상으로 광선치료가 시행되기 전에 경피적 빌리루빈 측정기인 JM-103(Minolta/Hill-Rom Airshield, Japan)을 사용하여 이마와 흉골 중앙부에 opaque patch (직경 1 cm)을 붙이기 전에 TcB를 측정하였고 바로 인접 부위에서도 TcB를 측정하였다.

광선치료 동안에 patch를 붙인 이마(patched-forehead, PF), 흉골(patched-chest, PC), 광선에 노출된 patch한 인접한 부위의 이마(unpatched-forehead, UF), 흉골(unpatched-chest, UC)에서 JM-103을 사용하여 하루에 2회 12시간 간격으로 측정하였다. 플래쉬 발광 횟수는 3회까지 설정하여 그 평균치를 TcB로 하였고 경피적 빌리루빈 측정기로 측정 후 30분 이내에 신생아의 발뒤꿈치에서 채혈하여 American Optical bilirubinometer(American Optical Co, Buffalo, USA)의 micro법을 이용하여 혈장 빌리루빈(plasma bilirubin, PB)를 측정하여 각 부위에서의 TcB와 각각 비교하였다. TcB와 PB 사이의 측정치 차이에 대한 유의성, 광선치료 동안에 광선에 노출된 부위와 가려진 부위에서 측정된 각각의 TcB와 PB 사이의 일치도 및 어느 부위에서 측정하는 것이 가장 일치도가 높은지를 조사하였다.

3. 통계

통계적 분석은 Pearson Product-Correlation coefficient을 사용하였고 95% 신뢰구간에서 $P < 0.05$ 를 통계적으로 유의한 것

으로 판정하였다.

결 과

1. 대상 신생아의 특성

대상에 포함된 신생아는 황달의 임상적 위험성(미숙아, Rh 및 ABO 부적합증, 간손상 등 다른 합병증)이 없는 단순 황달이 있으면서 광선치료를 받았던 90명 신생아를 대상으로 하였고 신생아의 평균 재태주령은 38.6 ± 1.3 주였고 평균 출생 체중은 $3,207.0 \pm 472.1$ g이었고 광선치료 시작 시기는 평균 4.9 ± 0.9 일이고 평균 광선치료 기간은 1.3 ± 0.6 일이었다.

2. 광선치료 시작전 PB와 측정 부위간의 일치도

대상 신생아의 광선치료 시작전 평균 PB는 12.9 ± 1.4 mg/dL 이고 patch 붙인 흉골 부위의 평균 TcB는 13.1 ± 1.4 mg/dL ($r=0.82$, $P < 0.001$), patch 붙인 이마 부위의 평균 TcB는 12.9 ± 1.6 mg/dL($r=0.88$, $P < 0.001$), 흉골 부위의 평균 TcB는 13.1 ± 1.5 mg/dL($r=0.76$, $P < 0.001$), 이마 부위의 평균 TcB는 12.8 ± 1.5 mg/dL($r=0.80$, $P < 0.001$) 결과를 나타내었고 광선치료 시작전 PB와 각 부위간에 유의한 상관관계를 보였다.

3. 광선치료 기간 동안 PB와 측정 부위간의 일치도

광선치료 기간 동안에 PB와 TcB-UF의 상관관계는($y=0.385x+8.088$, $R^2=0.460$ $P < 0.001$ Pearson correlation : 0.679)(Fig. 1A), PB와 TcB-UC의 상관관계는($y=0.333x+8.682$, $R^2=0.447$ $P < 0.001$ Pearson correlation : 0.669)(Fig. 1B), PB와 TcB-PF의 상관관계는($y=0.796x+2.428$, $R^2=0.622$ $P < 0.001$ Pearson correlation : 0.789)(Fig. 1C), PB와 TcB-PC의 상관관계는($y=0.796x+2.254$, $R^2=0.672$ $P < 0.001$ Pearson correlation : 0.819)(Fig. 1D)로 각 부분에서 모두 의미 있는 상관관계를 보였다. Patch한 부위에서 더욱 더 의미 있는 상관관계를 보였고 그 중에서도 가장 일치도가 높은 부위는 TcB-PC 였다.

고 찰

종래에는 혈중 빌리루빈 농도를 측정하는데 Diazo방법을 이용한 Malloy-Evelyn법과 American Optical bilirubinometer이 있다. 이중 Diazo방법을 이용한 Malloy-Evelyn법의 가장 큰 약점은 용혈이 일어나는 경우 이에 대한 보정이 불가능하여 측정치에 변동이 생기는 점이었다.

이를 보완할 수 있는 방법으로 개발된 것이 American Optical bilirubinometer이며, 이것은 내부에 빌리루빈의 최대 흡수 파장인 461 nm에 조절된 휠터와 혈색소 및 혼탁물질이 흡수되는 551 nm에 조절되어 있는 휠터가 있어 검체를 통과하는 광선이 두 휠터를 동시에 투과함으로써 혈색소와 혼탁물질에 의

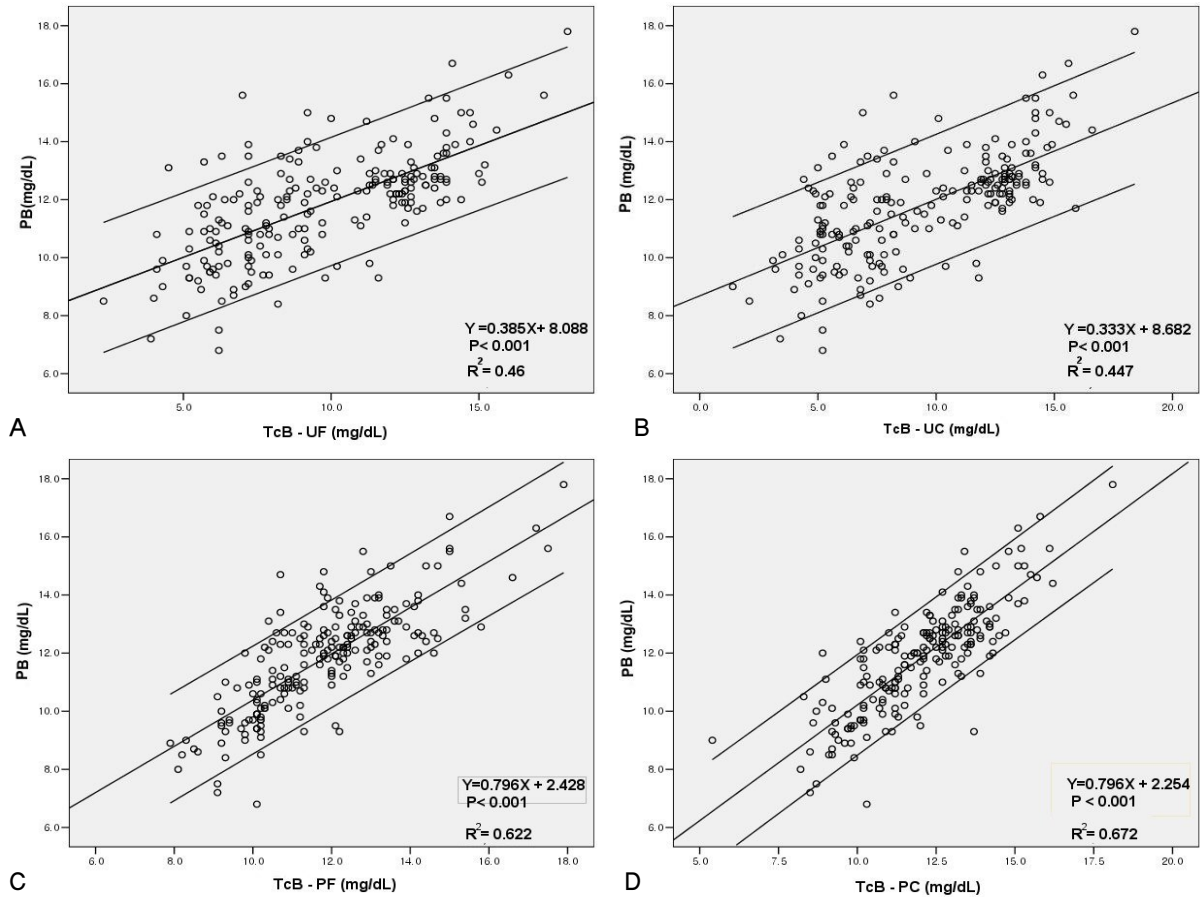


Fig. 1. Correlation of PB with TcB in each part during phototherapy. PB levels showed statistically significant correlation with TcB in each part. PB, Plasma bilirubin; TcB-UF, Transcutaneous bilirubin-unpatched forehead; TcB-UC, Transcutaneous bilirubin-unpatched chest; TcB-PF, Transcutaneous bilirubin-patched forehead; TcB-PC, Transcutaneous bilirubin-patched chest.

하여 생길 수 있는 빌리루빈치의 변동을 기계내에서 자동 보정해 줌으로써 오차를 줄일 수 있고 발색시약의 투여 또는 배양이 필요치 않아 조작이 간편하여 채혈 후 10분내에 검사 결과를 얻을 수 있다는 이점도 있다. 특히, 극소량의 혈액으로도 검사가 가능하므로 Diazo법 보다 신생아 검사시 큰 도움을 주고 있다. 또한 Diazo방법을 이용한 Malloy-Evelyn법과 상관관계도 상당히 높아 혈중 빌리루빈의 추적 관찰에도 편리하며 정확성이 인정되고 있다^{6, 12, 13}.

그러나 계속적인 천자시 신생아에서 특히, 염증을 일으킬 수 있어 치료를 요하는 혈중 빌리루빈치를 상처를 주지 않으면서 보다 간편하고 정확하게 선별할 수 있는 방법이 연구되어 왔다. 1세기 전 부터 혈액을 채취하지 않고 혈중 빌리루빈치를 측정하는 방법들에 흥미를 갖게 되었고¹⁴, 이는 빌리루빈치와 피부 황색 정도에 상관관계가 있다는데 기초를 두고 있다.

이후 채혈하지 않고 혈중 빌리루빈치를 간편하고 정확하게 추정하기 위한 많은 방법이 연구되어 왔다. 1954년 Gosset가 icterometer를 고안하였으며 1960년 229명을 대상으로 황달의

정도를 선별하여 PB값과 비교하여 검사실 방법으로 이용할 기준을 정하였다¹⁵. 선별의 방법으로 약간의 의의가 있었으나, 이것의 단점은 의사마다 황색선(yellow stripes)과 신생아의 피부 색조에 결부시키는데 차이가 있을 수 있고 조명에 따라 영향을 받을 수 있으며 빠르게 진행되는 혈중 빌리루빈의 상승에 부합하지 못한다는 것이다^{6, 15}. 1978년 Hannemann 등^{11, 16}은 신생아 피부 반사율을 통한 혈중 빌리루빈치를 고안하였는데, 이것은 400-750 nm의 파장별 영역에서 파장별 반사율을 측정하는 방법으로 압박된 피부에 30초 동안 scan time을 주어서 측정하여 이 신호를 증폭하여 주파수 변조 기록기에 기록하여 다시 컴퓨터를 사용해야 하므로 임상가가 이용하기에는 너무 복잡한 단점이 있다. 1980년 일본의 Yamanouchi 등¹¹은 Minolta camera 회사와 협력하여 모양이 간결하고 즉시 검사 결과를 얻을 수 있으며 손에 잡고 사용하기에 간편하며 피부를 통해 고통을 주지 않으며 검사물의 채취가 필요하지 않은 새로운 bilirubinometer를 개발하였다. 이것은 분광 영역내에서 인간의 피부와 분광 반사율을 측정할 수 있는 기술적 진보^{17, 18}에 근거를 두고 피부 황색

의 정도를 가장 발달된 광섬유와 2개의 색깔 필터(460 nm, 550 nm)를 이용하여 수치로 나타내는 기구이다. 이것을 사용시 단순 육안적 관찰과는 달리 관찰자에 따른 편견이나 측정의 영향을 주는 주위의 조명에 따른 차이가 없다. Yamanouchi 등¹¹⁾은 신생아 73명에서 TcB와 혈장 빌리루빈치를 비교 측정하여 밀접한 상관관계가 있음을 보여($y=1.08x+7.220$ $r=0.959$) 경피적 황달 측정기의 정밀도와 정확성이 처음으로 평가되었고, Hegyi¹³⁾도 백인 신생아 43명을 대상으로 측정한 결과 $r=0.90$, $P<0.001$ 로 상관관계를 보였고, Maisels와 Conrad¹⁹⁾는 신생아 황달의 여부를 판단하기 위하여 경피적 빌리루빈 측정기를 사용할때 이것의 감수성과 특이성에 대한 고찰을 하였다. 1998년 Bhutani 등^{20, 21)}은 Bilichek(Respironics, Marietta, GA)을 이용한 경피적 빌리루빈 측정 또한 비침습적인 빌리루빈 측정 방법으로 유용성이 있다고 보고하였다.

일본의 Minolta사에서 JM-102형에 이어 JM-103형을 개발하였고 이 기구는 혈장 빌리루빈 수치와 같은 단위(mg/dL)로 표시되어 진단이 용이하고, 평균 측정 기능이 있어 2-5회 측정을 평균하여 표시함으로써 오차가 거의 없다. 가볍고 크기 또한 작아 휴대하며 사용하기가 편리하며 간단히 클릭 한번으로 측정할 수 있고, 매 측정시 마다 보정할 필요가 없다. 이 기구의 측정 원리는 신생아의 피하 조직에 존재하는 빌리루빈의 황색의 정도를 청색(중심 파장 450 nm) 및 녹색(중심 파장 550 nm)의 2파장 대역의 광학 농도차로부터 산출해낸다. 이 방식의 사용으로 종래 방식에서는 해소할 수 없었던 멜라닌 색소 및 피부의 성숙도에 의한 영향을 최소한도로 낮추어 측정할 수 있게 되었다. 탐침 끝을 신생아의 이마나 흉부에 대고 누름에 따라 내장된 제논 램프가 발광하여 이 빛이 유리 섬유를 통해 피하조직으로 조사된다. 조사된 빛은 피부(표피, 진피, 피하조직)중에서 산란, 흡수를 반복하면서 후방 산란광으로써 수광측 유리 섬유로 되돌아온다. 수광측 유리섬유의 입사광 안에는 조직이 얇은 부분으로부터의 후방 산란광은 주로 유리섬유 내측(단광로측)을, 깊은 부분으로부터의 후방 산란광을 주로 유리섬유 외측(장광로측)을 통해 2파장 수광 소자에 도달한다. 이 2개의 광학적 차이를 구하는 것으로 표피 및 진피에 공통된 부분을 상쇄시키고 피하조직 부분만에 의한 2파장 대의 광학적 농도차를 구할 수가 있다. 이 광학 농도차의 차이는 혈장 빌리루빈 농도와 직선적인 비례 관계를 나타내므로 혈장 빌리루빈 상당치로 환산하여 디지털로 표시함으로써 인종이나 피부색에 따른 오차없이 정확히 측정할 수 있다²²⁾. 본원에서 2004년 An 등²³⁾은 JM-103을 이용하여 신생아 황달에서 광선치료 시작전 114명을 대상으로 플래시 발광횟수 1회부터 5회까지 지정하였을 때 이마에서 측정한 TcB-F, 흉골에서 측정한 TcB-C 모두 동시에 측정한 PB와 서로 유의한 직선적인 양의 상관관계를 나타내며 일치도가 높았고, 측정 부위 간 TcB의 차이도 없었고 플래시 발광횟수를 1회부터 5회까지 지정된 측정치 간의 발광횟수의 변화에 따른 측정오차의 평균에 차이가 없는 연구 결과를 보고하였다.

여러 연구 결과에서 광선치료 시작전에는 TcB와 PB는 밀접한 상관관계를 보여 경피적 빌리루빈 측정기를 사용하고 있으나 광선치료 동안에 경피적 빌리루빈 측정기 사용에 대해 연구가 미진하였다. Rubaltelli와 Carli²⁴⁾는 광선치료가 혈장과 피부의 빌리루빈 농도 사이의 직선 관계를 깨뜨린다고 하였으며, Yamanouchi 등¹¹⁾은 광선치료 중에 경피적 빌리루빈 측정기를 사용할 수 없다고 하였다.

그러나 Hannemann 등²⁵⁾의 연구에서는 놀랍게도 광선치료 동안에 백인 만삭아에서 TcB와 PB가 밀접한 상관관계($y=0.99x+9.25$ $r=0.86$)가 있다고 하였다. 또한 Tan 등²⁶⁾은 광선치료 동안에 unpatched 부위 보다 patch 부위에서의 TcB는 PB와 높은 상관관계를 보였고, Hegyi 등¹³⁾은 opaque patch한 부위에서의 TcB가 PB와 높은 상관관계가 있다고 보고하였다.

그러나 아직까지 우리나라에서 광선치료 동안에 추적검사로서 TcB의 활용성에 대한 연구가 없어 본 연구에서는 광선치료 동안에 경피적 빌리루빈 측정기의 유용성에 대해 알아보려고 시행하였다. 본 연구에서는 광선치료 동안에 실시한 patch한 부위, unpatch한 부위에서 모두 상관관계를 보였고 그 중에서도 특히, patch한 흉골 부위에서의 TcB와 PB가 가장 높은 상관관계를 보였다.

위에서 살펴 본 바와 같이 경피적 빌리루빈 측정기는 신생아 황달의 선별법과 광선치료 동안에 추적 검사로서 신생아에게 비침습적이며 감염 등 위험성이 없으면서 편리하고 신속하고 정확한 결과를 알 수 있는 유용한 검사법으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 피부 성숙도가 다른 미숙아와 황달의 임상적 위험성이 있는 신생아에서의 상관관계가 밝혀지지 않았기에 추가적 연구가 필요하다. 또한 TcB에 영향을 주는 요소들이 많으므로 더 많은 연구 조사가 필요하겠으나 각 기관마다 검사실로부터 얻어진 PB와 TcB의 측정치 사이의 관계를 결정하여 자기 고유의 회귀직선을 구하여 사용한다면 선별의 방법뿐 아니라 광선치료 동안에 추적검사 방법으로써 매우 유용한 것으로 생각된다.

요 약

목적 : 신생아 황달은 신생아기에 가장 흔한 질환으로 핵황달 및 사망까지의 심각한 후유증을 유발할 수 있기 때문에 신속하고 정확한 빌리루빈 농도의 측정과 치료가 중요하다. 따라서 신생아 황달의 진단에서 빌리루빈 측정법 중 경피적 빌리루빈 측정기의 개발로 신생아 황달의 선별법으로 사용되고 있다. 그러나 광선치료 동안에 경피적 빌리루빈 측정기의 유용성이 연구되지 않아 이에 저자들은 광선치료 동안에 측정하는 신체의 부위별 TcB와 PB의 상관관계를 조사해서 경피적 빌리루빈 측정기의 유용성을 알아보려고 본 연구를 시행하였다.

방법 : 2005년 6월부터 8월까지 제일병원 신생아실에서 광선치료를 받는 황달의 임상적 위험성(미숙아, Rh 및 ABO 부적합

증, 간손상 등 다른 합병증)이 없는 신생아 90명을 대상으로 경피적 빌리루빈 측정기인 JM-103을 사용하여 광선치료 시작전 이마와 흉골 중앙부에 opaque patch를 붙이고 광선치료 동안에 opaque patch 부위와 바로 인접한 부위에서 TcB를 측정하였다. TcB 측정시 각각 3회씩 측정하여 평균치를 TcB로 하였으며, 경피적 빌리루빈 측정기로 측정한 시각으로부터 30분 이내에 발 뒤꿈치를 천자하여 PB를 측정하여 측정 부위간 TcB와 PB의 상관관계를 비교 관찰하였다.

결 과 : 대상에 포함된 신생아는 황달의 임상적 위험성(미숙아, Rh 및 ABO 부적합증, 간손상 등 다른 합병증)이 없는 신생아를 대상으로 하였고 신생아의 평균 재태주령은 38.6 ± 1.3 주였고 평균 출생 체중은 $3,207.0 \pm 472.1$ g이었고 광선치료 시작 시기는 평균 4.9 ± 0.9 일이고 평균 광선치료 기간은 1.3 ± 0.6 일이었다. 대상 신생아의 광선치료 시작전 PB와 patch 붙인 흉골 부위의 TcB, patch 붙인 이마 부위의 TcB, 흉골 부위의 TcB, 이마 부위의 TcB 결과는 각 부위간에 유의한 상관관계를 보였다.

광선치료 동안에 각 측정부위별(TcB-UF, TcB-UC, TcB-PF, TcB-PC)와 PB는 의미있는 상관관계를 나타내었고 opaque patch를 붙인 부위가 인접한 부위보다 PB와 의미 있는 상관관계를 나타내었으며 TcB-PC가 TcB-PF보다 더욱 더 PB와 의미 있는 상관관계를 나타내었으며 일치도가 높았다.

결 론 : 본 연구의 결과로 경피적 빌리루빈 측정기는 신생아 황달의 선별검사 방법뿐 아니라 광선치료 동안에도 추적검사 측정법으로 사용하기에 적절하다고 생각되며 사용하는 기관에서 자기고유의 회귀직선을 작성하여 사용한다면, 신생아의 몸에 침해를 가하지 않고 편리하고 신속하게 신생아 과빌리루빈혈증 진단과 추적검사에 유용하게 사용될 수 있으리라 생각된다.

References

- 1) Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB. Nelson textbook pediatrics. 17th ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 2004: 592-6.
- 2) Tan KL. Glucose-6-phosphate dehydrogenase status and neonatal jaundice. Arch Dis Child 1981;56:574-7.
- 3) Brown W, Wong HB. Ethnic group differences in plasma bilirubin levels of full-term healthy Singapore newborns. Pediatrics 1965;36:745-9.
- 4) Osborn LM, Reiff MI, Bolus R. Jaundice in the full-term neonate. Pediatrics 1984;73:520-25.
- 5) Jung MJ, Seo YJ, Kim JD, Shin MH, Oh JS. Determination of bilirubin concentration in the jaundiced korean newborn infants with transcutaneous bilirubinometer. J Korean Pediatr Soc 1983;26:21-9.
- 6) Su KH. Comparative evaluation between 4 methods for determination of bilirubin concentration in the jaundiced newborn infants. J Korean Pediatr Soc 1979;22:11-8.
- 7) Kim HS, Kim JK, Lee K. Determination of bilirubin concentration in the jaundiced newborn infants with A.O. bilirubinometer. J Korean Pediatr Soc 1982;22:29-31.
- 8) Kramer LI. Advancement of dermal icterus in the jaundiced newborn. Am J Dis Child 1969;118:454-8.
- 9) Abril Martin JC, Aguilar Rodriguez L, Albinana Civeti J. Flatfoot and calcaneal deformity secondary to osteomyelitis after neonatal heel puncture. J Pediatr Orthop Part B 1999; 8:122-4.
- 10) Canale ST, Manugian AH. Neonatal osteomyelitis of the os calcis: a complication of repeated heel punctures. Clin Orthop 1981;156:178-82.
- 11) Yamanouchi I, Yamauchi Y, Igarashi I. Transcutaneous bilirubinometry: preliminary studies of noninvasive transcutaneous bilirubinometer in the Okayama National Hospital. Pediatrics 1980;65:195-202.
- 12) Williams RA, Pitts LL, Weinerath BL, Dimmette PM. Clinical and laboratory evaluation of the American Optical bilirubinometers. J Pediatr 1971;77:671-8.
- 13) Hegyi T, Hiatt IM, Indyk L. Transcutaneous bilirubinometry. I. Correlations in term infants. J Pediatr 1981;96:454-7.
- 14) Hegyi T. Transcutaneous bilirubinometry: A new light on an old subject. Pediatrics 1982;69:124-5.
- 15) Gosset IH. A perspex icterometer for neonates. Lancet 1960;1:87-8.
- 16) Hanneman RE, Dewitt DP, Wiechel JF. Neonatal serum bilirubin from skin reflectance. Pediatr Res 1978;12:207-10.
- 17) Selard C, Brown GE. The spectrophotometric analysis of the color of the skin. Arch Intern Med 1926;38:816-31.
- 18) Jacques JA, Kuppenheim HF. Spectral reflectance of human skin in the region 235-1,000nm. J Appl Physiol 1955;7:523-8.
- 19) Maisels MJ, Conrad S. Transcutaneous bilirubin measurements in full-term infants. Pediatrics 1982;70:464-7.
- 20) Bhutani VK, Johnson L, Gourley G. Noninvasive measurement of total serum bilirubin by multi-wavelength spectral reflectance by Bili-Check in newborn patients. Pediatr Res 1998;43:167-71.
- 21) Bhutani VK, Gourley GR, Adler Keramer B, Dalin C, Johnson LH. Non-invasive measurement of total serum bilirubin in multiracial predischarge newborn population to assess the risk of severe hyperbilirubinemia. Pediatrics 2000;106:17-22.
- 22) Choi BM. Recent advances of medical apparatus in fields of neonatal care. J Korean Pediatr Soc 2002;45(1 Suppl): 87S-88S.
- 23) An JR, Lee HC, Kim KA, Ko SY, Lee YK, Shin SM. Usefulness of the transcutaneous bilirubinometer in neonatal jaundice. Korean J Pediatr 2004;47:1287-92.
- 24) Rubaltelli FF, Carli M. The effect of light on cutaneous bilirubin. Biol Neonate 1971;18:457-62.
- 25) Hanneman RE, Schreiner RL, Dewitt DP, Norris SA. Evaluation of the Minolta bilirubinometer as a screening device in white and black infants. Pediatrics 1982;69:107-9.
- 26) Tan KL, Dong F. Transcutaneous bilirubinometry during and after phototherapy. Acta Pediatr 2003;92:327-31.