

Original article

doi: 10.5385/jksn.2010.17.2.239
 pISSN 1226-1513 • eISSN 2093-7849

미숙아에서 채혈을 위한 발뒤꿈치 천자시 두 종류 천자 기구의 비교

좋은 강안병원 소아과, 인제대학교 의과대학 부산백병원 소아과학교실*
 임효빈·류미주*·정지미*·전가원*·신종범*

A Comparative Study of Two Different Heel Lancet Devices for Blood Collection in Pre-term Infants

Hyo Bin Lim, M.D., Mi Joo Rhu, M.D.*, Ji Mi Jung, M.D.*, Ga Won Jeon, M.D.*, and Jong Beom Sin, M.D.*

Good Gangan Hospital, Department of Pediatrics*, Inje University College of Medicine, Busan Paik Hospital, Busan, Korea

Purpose: To evaluate two different heel lancet device in terms of pain response and success of the procedure in the preterm infants undergoing heel puncture.

Methods: 100 preterm infants undergoing capillary blood gas analysis or capillary bilirubin monitoring underwent heel puncture, were randomly allocated to blood sampling from the heel with either a conventional manual lancet or an automatic incision device. Primary outcome measures included the Premature Infants Pain Profile (PIPP) score, total duration of procedure, number of heel puncture and number of bruise. The pain response was evaluated using PIPP score and the effectiveness was evaluated using three criteria: total duration of blood sampling, number of puncture, bruising of the heel or ankle. Statistical analysis was performed using the SPSS ver. 13.0 program. Difference between the groups were analysed with *t* test (continuous variables) and the Chi square test or Fisher test (categorical variables).

Results: The mean PIPP score was 4.91 for the automatic lancet group compared with 5.84 for the conventional manual lancet group ($P=0.0255$). The number of pain scores above 7 during blood collection did not differ between two groups ($P=0.2167$). The procedure took less time to perform in the automatic lancet group (mean, 30.69 seconds) than in the conventional lancet group (mean, 48.92 seconds) ($P<0.0001$).

Conclusion: This study demonstrated that the automatic lancet device causes less pain and a shorter procedure time than the conventional manual lancet in preterm infants undergoing heel puncture. On the basis of these results the automatic lancet device is very useful method for blood collection in preterm infants by heel puncture.

Key Words: Pain, Heel puncture, Automatic lancet device

서론

신생아 집중치료실에 입원한 신생아에서 검사를 위해 채혈을 하게 될 경우, 발뒤꿈치 천자(heel puncture)는 가장 흔히 사용

되는 채혈 방법 중의 하나이다. 특히 신생아 집중치료실에 입원 중인 고위험 신생아나 미숙아들은 혈당 측정, 가스혈액분석, 혈중 빌리루빈 수치 등을 알아보기 위해 거의 매일 진단 및 치료 목적으로 발뒤꿈치 천자를 시행하게 된다¹⁾. 이는 신생아에게 통

Received: 25 September 2010, Revised: 14 October 2010, Accepted: 28 October 2010

Correspondence to Jong Beom Sin, M.D.

Department of Pediatrics, Inje University College of Medicine, Busan Paik Hospital, 633-165 Gaegeum-dong, Jin-gu, Busan 614-735, Korea
 Tel: +82-51-890-6126, Fax: +82-051-895-7785, E-mail: pedsin@inje.ac.kr

This work was supported by grant from Inje University, 2010.

증을 유발할 뿐만 아니라 멍이나 감염 등의 새로운 위험요소가 되기도 한다²⁾. 대부분의 병원에서 신생아에서 발뒤꿈치 천자는 손으로 직접 천자를 하는 바늘 형태의 수동식 천자침(conventional manual lancet device)을 사용하고 있다(Fig. 1). 하지만 최근 특히 미숙아 전용의 발뒤꿈치 천자시 사용되는 새로운 종류의 자동화 천자 기구(automatic lancet device)가 개발되어 국내에도 점차 사용이 증가되고 있다. 과거에 사용되던 수동형 바늘에 의한 천자가 아닌, 전후로 움직이는 칼날에 의한 절개형(heel incision) 장치로서 피부의 상피 부분의 혈관만 절개하고 깊은 곳에 위치하는 통증 신경 섬유는 건드리지 않으므로써 통증을 감소시키고 채혈이 용이하게 고안된 것이다(Fig. 2). 그러나 그 효용성이나 통증감소 효과에 대한 평가는 많지 않으며, 특히 미숙아용 천자기구에 대한 연구는 없는 실정이다.



Fig. 1. Conventional manual lancet device (26G).



Fig. 2. Automatic lancet device (BD QuickHeel Preemie, Becton Dickinson Vacutainer Systems) for preterm infants.

따라서 저자들은 보다 향상된 발뒤꿈치 천자 혈액 검체의 질 관리와 통증감소 및 효과적인 미숙아에서의 채혈방법을 모색하기 위해 미숙아에서 발뒤꿈치 천자시 새로운 자동화 천자기구와 기존에 사용되던 고식적 수동식 천자침의 효과를 비교하여 자동화 천자기구의 통증 감소 효과 및 유용성을 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

2010년 7월부터 2010년 9월까지 인제대학교 부산백병원 신생아 집중치료실에 입원한 재태 연령 37주 미만의 미숙아 총 100명을 대상으로 하였다. 이 중 선천성 기형이나 유전적 질환, 그리고 신경학적 이상이 있는 신생아와 인공호흡기 치료, 산소 치료, 측정 48시간 이내 진통제나 진정제를 투여 받은 신생아 및 혈액 검사 소견에서 응고 장애가 있는 신생아는 제외하였다.

2. 방법

1) 그룹

연구 대상아들은 발뒤꿈치 천자시 무작위로 50명씩 고식적 수동식 천자침을 사용한 군(50명) 과 자동화 천자 기구를 사용한 군(50명)으로 나누었으며, 발뒤꿈치 천자시 통증의 정도 및 천자 횟수, 검사 시간, 출혈의 여부 등을 평가하였다. 고식적 천자 기구는 기존의 재래식 수동식 천자침이며 26G를 사용하였고, 자동화 천자 기구(BD, Quickheel Lanet™, Franklin Lakes, NJ, USA)는 1.75 mm의 폭으로 0.85 mm 깊이로 바늘이 아닌 칼날(blade)이 자동으로 표피를 얇게 절개하도록 고안된 장치이다.

2) 방법

발뒤꿈치 천자는 모세혈 빌리루빈 검사(capillary serum bilirubin), 모세혈 가스분석(capillary blood gas analysis) 등을 시행할 때 연구 대상자의 오른발에서 시행하였으며, 모든 대상자들은 시술 및 평가전에 미리 방사선 온열기나 인큐베이터 내에서 30분간 안정시키고, 왼쪽 발등에 pulse oxymeter (Datex-Ohmeda, USA)를 부착하고 기준이 되는 산소 포화도와 심장 박동수를 측정하였다.

3) 통증의 평가

통증의 평가는 Premature Infant Pain Profile (PIPP) 점수³⁾를 이용하였다. PIPP 점수는 7가지 평가항목으로 구성되어 있으며

점수는 각 항목이 0-3점으로 되어 있다. 7가지 항목은 재태연령, 시술 당시 아기의 전반적인 모습과 시술후 30초 동안의 3가지 얼굴표정 및 우는 모습(이마의 썩그림, 눈살의 썩그림, 코와 입술 주름의 파임), 산소포화도의 감소, 심장 박동수의 증가로 구성되어 있다. PIPP 점수 0-6점은 통증이 없음을 의미하며, 7-11점은 경한 통증, 12점 이상은 심한 통증을 의미한다. 심장 박동수의 변화는 안정시 심장박동수에서 천자후 가장 높게 측정된 심장 박동수의 변화를 측정하였다. 주관성을 배제하기 위하여 두 사람이 PIPP 점수와 심장박동수의 변화를 측정하여 평균치를 사용하였다.

4) 유용성의 평가

검사시간은 발뒤꿈치 천자시부터 채혈을 완료하는데 걸리는 시간으로 발뒤꿈치 천자 시작으로부터 1개의 microtube에 채혈을 완료하는 시간까지를 측정하여 비교하였다. 천자횃수는 1개의 microtube를 혈액으로 채우기 위해 lancet으로 발뒤꿈치를 천자한 횃수를 측정하였다. 그리고 천자후 5분간 압박 지혈 후, 검사 12시간 이내에 발뒤꿈치 및 발목 주위에 출혈이나 멍 등을 관찰하였다.

5) 통계

통계분석은 SPSS 13.0 version을 사용하였으며 각 그룹간의 차이의 비교는 t test, Chi square test, Fisher exact test를 사용하였으며, P<0.05 를 통계적으로 유의 있는 것으로 하였다.

결과

1. 연구 대상아의 특성

연구 대상아는 총 100명이었으며 남아 56명, 여아 44명이었다. 검사 당시의 평균 재태 주령은 30±2주이며, 평균 출생체중은 1.72±0.4 kg이었다. 5분 Apgar점수는 평균 9점이었으며 분만형태는 54명이 질식분만, 46명이 제왕절개로 분만하였다. 각 그룹간의 역학적 특성의 차이는 없었다(Table 1).

2. 통증에 대한 반응: PIPP 점수의 평가

통증을 나타내는 PIPP 점수의 평균은 고식적 천자기구 군 5.84, 자동화 천자기구 군 4.91로 자동화 천자기구 군에서 낮게 측정되었다(P=0.0255). 통증을 느낀다고 표시되는 PIPP 점수 7 점 이상의 비율을 비교하면 고식적 천자군은 16명(32%), 자동

화 천자군은 11명(22%)으로 자동화 천자기구 사용군에서 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(P=0.2167).

3. 검사시간

발뒤꿈치 천자로부터 한 개의 microtube를 채우는 것을 완료하는데 소요되는 시간을 측정하여 비교하였는데, 고식적 천자군에서 평균 48.92초, 자동화 천자군에서 평균 30.69초로 자동화 천자기구를 사용한 군에서 통계적으로 유의하게 검사에 소요되는 시간이 짧았다(P<0.0001).

4. 발뒤꿈치 천자 횃수

검사를 위한 혈액채취를 성공적으로 완료하기 위해 천자를 하는 횃수의 평균값은 고식적 천자군에서 1.35, 자동화 천자군에서 1.02로 통계적으로 의미 있게 자동화 천자기구 사용군에서 천자 횃수가 적었다(P=0.0001). 그러나 1회의 천자로 검사를 완료한 수는 고식적 천자기구 군에서 39명(78%), 자동화 천자기구 군에서 49명(98%)으로 자동화 천자기구 군에서 단 1회의 천자로 검사 완료율이 높았으나 두 군의 차이는 통계적으로 유의하지는 않았다(P=0.391).

5. 멍이나 출혈 유무

검사후 발뒤꿈치, 발목 등에 출혈반점이나 멍 등이 나타난 경우는 고식적 천자기구 군에서 15례(30%), 자동화 천자기구 군에서 3례(6%)로 자동화 천자기구 사용군에서 의미 있게 적게 나타남을 관찰할 수 있었다(P=0.0024)(Table 2).

Table 1. Demographic Characteristics of Neonates in the Conventional and Automatic Lancet Group

| Variable | Conventional lancet group (n=50) | Automatic lancet group (n=50) | P value |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------|
| Birth weight* (g) | 1,780±445 | 1,650±436 | 0.580 |
| Gestational age* (week) | 31±2 | 30±2 | 0.788 |
| Postnatal age* (day) | 9±3 | 10±4 | 0.545 |
| Apgar score* (5 min) | 8±0.5 | 7±1.5 | 0.334 |
| Sex† | | | |
| Male | 29 (25%) | 27 (54%) | 0.347 |
| Female | 21 (42%) | 23 (46%) | |
| Mode of delivery† | | | |
| Vaginal | 26 (52%) | 28 (56%) | 0.278 |
| Caesarian | 24 (48%) | 22 (44%) | |

*Expressed as mean±standard deviation; independent t-test.

†Expressed as No. (%); Chi-square test.

Table 2. Outcomes Measures in the Conventional and Automatic Lancet Group

| Variable | Conventional lancet group (n=50) | Automatic lancet group (n=50) | p value |
|--|----------------------------------|-------------------------------|---------|
| PIPP score* | | | |
| Mean | 5.8421 | 4.9184 | 0.0255 |
| <6 | 34 (68%) | 39 (78%) | 0.2542 |
| >7 | 16 (32%) | 11 (22%) | 0.2167 |
| Total duration of procedure* (sec, mean) | 48.92 | 30.69 | <0.0001 |
| No. of puncture† | | | |
| Mean | 1.3509 | 1.0204 | 0.0001 |
| 1 | 39 (78%) | 49 (98%) | 0.3910 |
| >1 | 11 (22%) | 1 (2%) | |
| No. of bruise* | 15 (30%) | 3 (6%) | 0.0024 |

*Mann-Whitney U-test. †Fisher's exact test.

Abbreviation: PIPP score, Premature Infants Pain Profile score.

고찰

신생아 집중치료실이 발달하게 됨으로써 미숙아 및 고위험 신생아의 생존율이 높아지면서, 신생아 집중치료실에 입원하는 기간이 길어지게 되고, 신생아들은 채혈, 주사, 중심혈관 정맥술, 기타 침습적 장치 부착과 같은 여러 가지 시술 및 검사를 필요로 하게 된다. 특히 출생 초기 환자의 상태가 안정되기 전에는 신생아 집중치료는 많은 혈액학적, 생화학적 검사들이 요구되어진다. 면역력이 부족하고, 피부의 방어 능력이 감소된 미숙아의 경우 피부를 절개하거나 손상을 주어야 하는 이러한 검사용 혈액 채취는 통증을 유발하며 멍이나 출혈뿐만 아니라 검사 부위의 감염, 빈혈 등 여러 가지 위험부담을 안고 있다^{1,4,5}.

혈액가스분석을 위해 가장 정확한 혈액 채취 방법은 동맥 채혈이며 신생아 집중치료실에 입원한 대부분의 만삭아에서 기본적인 검사를 위한 채혈은 정맥 채혈이 가장 일반적이다^{6,7}. 하지만 신생아, 특히 미숙아에서의 동맥 및 정맥에서의 채혈은 숙련된 의료진의 경우에도 쉬운 일은 아니며, 더욱이 한번의 검사로 끝나는 것이 아니고 반복된 채혈이 필요한 경우라면 제한된 채혈 부위로 인해 난이도는 더욱 증가된다^{8,9}. 신생아에서 검사를 위한 채혈시 발뒤꿈치 천자보다는 정맥채혈이 통증을 적게 유발하고, 검사 시료의 용혈이나 검사 실패가 적으며 검사시간도 적게 걸린다는 연구들이 보고되었다¹⁰⁻¹².

하지만 미숙아의 경우, 특히 초극소 미숙아의 경우 검사 채혈을 위해 동맥 line을 확보한 경우가 아니면 정맥 채혈로 검사를

내리는 것은 어려운 점이 많다. 숙련자가 아니면 채혈의 어려움, 잦은 채혈로 인한 혈관의 손상, 감염, 혈관 확보의 어려움 등으로 인해 현실적으로는 시행하기 어렵다. 특히 미숙아의 경우 인공호흡기 사용 중이나 호흡곤란 증후군 치료 초기에는 동맥혈 가스 분석 소견이 자주 필요한데, 이 경우 많은 연구들에서 모세혈관 가스분석이 동맥혈 가스분석을 대체할 수 있다고 보고하였다¹³⁻¹⁵. 그래서 미숙아의 경우 발뒤꿈치 천자에 의한 채혈을 자주 이용하게 된다. 따라서 발뒤꿈치 천자는 신생아 집중치료실에 입원한 대부분의 미숙아에서 가장 흔히 사용하고 있는 채혈 방법이다.

그러나 이는 신생아에게 고통을 유발하며 반복적인 검사로 발뒤꿈치의 멍이나 감염을 유발할 수도 있다. Stevens 등¹⁶은 신생아 집중치료실에 입원한 신생아에서 생후 첫 1주 이내에 평균 20회 이상의 통증 유발 시술이 행해지며, 이 중 가장 많은 빈도를 차지하는 것이 발뒤꿈치 천자에 의한 검사라고 하였다. 과거에는 신생아는 신경계가 잘 발달하지 못하여 통증을 느끼지 못하므로 통증에 대한 고려가 필요 없다는 잘못된 생각을 가지고 있어 신생아에서 검사나 시술 시 통증에 대한 배려는 없었다. 그러나 재태주령 22-29주 사이 감각 신경의 말단이 모든 신체의 표피에 분포하기 때문에 태아 및 신생아도 통증을 느낄 수 있으며 감각 신경의 말단들이 서로 겹치기 때문에 오히려 아주 작은 통증 자극에도 신생아들은 심한 통증 반응을 초래한다는 연구들이 보고되면서 미숙아를 포함한 신생아의 통증에 대한 고려가 필요하다는 주장이 관심을 받게 되었다^{17,18}.

많은 연구들에서 신생아들은 통증에 대한 반응으로 혈중 카테콜라민의 상승, 심장 박동수와 혈압의 증가, 뇌압의 상승 등이 나타난다고 하였으며, 스트레스 호르몬의 분비 및 산소포화도의 감소를 초래한다고 하였다. 그리고 통증이 식욕부진을 일으키고, 이로 인한 영양장애와 상처치유의 지연, 기동성 장애 및 수면장애 등을 유발하며 이환율과 사망위험이 증가한다고 하였다¹⁹⁻²¹. 따라서 미국 소아과학회의 태아 및 신생아 위원회에서는 신생아의 통증과 스트레스에 대한 주요 원리와 관리에 대한 권고사항을 발표하여 신생아에서 천자나 시술 시 통증에 대한 배려를 하도록 요구하고 있다. 따라서 보다 통증이 적으면서 신생아에게 스트레스를 적게 주며, 검사가 용이하도록 하는 천자 기구들이 개발되어 관심을 끌고 있다²².

최근에 이러한 혈액채취를 위한 발뒤꿈치 천자를 보다 효율적으로 할 수 있는 새로운 기구나 장치들이 사용되어지고 있는데, 그중 자동화 천자기구(Automatic lancet device, BD QuickHeel microtainer lancet)는 기존의 천자기구의 방식이 바늘에 의한

천공인데 반해 새로운 장치는 칼날에 의한 절개 방식이며 자동으로 피부를 얇게 절개하는 칼날이 앞뒤로 움직여 검사를 용이하게 하고 부적합한 검체나 통증을 감소시킨다고 알려져 있다. 이러한 신생아에서 발뒤꿈치 천자에 의한 채혈은 주로 선천성 대사이상 선별 검사나 모세혈관 가스분석, 신생아 황달 치료 시 빌리루빈 측정 등에서 많이 시행된다. 그러므로 병원에 따라 다르지만 소아과 의사, 인턴, 간호사, 전문간호사 등 다양한 숙련도의 사람들이 채혈을 위해 발뒤꿈치 천자를 시행하므로, 기존의 고식적인 수동형 천자방식은 숙련도에 따른 검사 시행의 차이가 크다. 그러나 새로운 자동화 천자기구의 사용은 이러한 신생아 중환자실 근무자의 숙련도 여부에 상관없이 쉽게 할 수 있어 효과적인 방법 중 하나이다. 그러나 이에 대한 효율성, 유용성에 대한 평가는 드물고, 이 또한 대부분 만삭아에서 시행된 연구이다^{12, 23, 24}.

McIntosh 등²⁵은 수동 천자침보다 스프링 작동형 절개에 의한 발뒤꿈치 천자시 통증이나 태아 곤란이 적었다고 보고하였으며, Paes 등²⁶은 만삭아의 연구에서 자동화 절개형 천자기구를 사용한 경우 고식적인 수동형 천자침보다 혈액의 양도 많고, 검사 시간도 짧았으며, 검체의 용혈도 적었다고 보고하였다. Vertanen 등²⁷은 미숙아에서 발뒤꿈치 천자시 자동화 절개형이 수동형 천자침보다 반복해서 천자를 할 경우 멍이나 감염의 빈도가 적었다고 보고하였다. Kazmierczak 등²⁸은 자동화 절개형 천자기구와 수동형 천자침을 비교하여, 만삭아에서 자동화 절개형을 사용하여 발뒤꿈치 천자를 할 경우에 용혈의 발생 정도가 적었고, 검체의 hemoglobin 수치가 더 낮았다고 보고하였다.

비용문제로 사용이 제한되던 자동화 절개형 천자기구가 최근 우리나라에도 보급이 증가되어, 점차 사용하는 신생아 집중치료실이 늘어나고 있는 실정이다. 이 연구의 목적은 미숙아에서 점차 사용이 증가되고 있는 미숙아용 자동화 절개형 천자기구의 통증 감소 효과 및 유용성을 평가하기 위한 것이다.

결론적으로 이 연구의 결과 자동화 절개형 천자기구(BD QuickHeel)는 검사 실패율이 낮으며, 짧은 시간에 채혈이 가능하고, 멍이나 출혈 같은 부작용이 적었다. 통증에 대한 평균 점수는 수동형 천자침보다 낮았지만, 실제 통증을 느끼는 점수인 PIPP 점수 7 이상의 비율은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 비용이 다소 많이 드는 단점만 보완한다면 신생아, 특히 최근 생존율이 향상되어 증가되고 있는 초극소 미숙아에서 발뒤꿈치 천자에 의한 채혈에 유용한 도구가 될 수 있겠다.

요약

목적: 효과적인 미숙아에서의 채혈방법을 모색하기 위해 미숙아에서 발뒤꿈치 천자시 새로운 자동화 천자기구(automatic lancet device)와 기존에 사용되던 고식적 수동식 천자침(conventional manual lancet device)의 효과를 비교하여 임상에서의 유용성을 알아보려고 한다

방법: 재태 연령 37주 미만의 미숙아 총 100명을 대상으로 하였다. 연구 대상아들은 발뒤꿈치 천자시 무작위로 각 50명씩 고식적 수동식 천자 기구를 사용한 군(50명)과 자동화 천자 기구를 사용한 군(50명)으로 나누었으며, 발뒤꿈치 천자시 통증의 정도 및 천자 횟수, 검사 시간, 출혈의 여부 등을 평가하였다. 통증의 평가는 Premature Infant Pain Profile (PIPP) 점수와 최고 심장 박동수를 측정하였고, 검사시간은 발뒤꿈치 천자 시작으로부터 1개의 microtube에 채혈을 완료하는 시간까지를 측정하여 비교하였다. 천자횟수는 1개의 microtube를 혈액으로 채우기 위해 발뒤꿈치를 천자한 횟수를 측정하였다. 그리고 검사 12시간 이내에 발뒤꿈치 및 발목 주위에 출혈이나 멍 등을 관찰하였다.

결과: 통증을 나타내는 PIPP 점수의 평균은 자동화 천자기구 군에서 4.91로 고식적 천자기구 군 5.84에 비해 유의하게 낮게 측정되었다($P=0.0255$). 검사에 소요되는 시간은 고식적 천자군에서 평균 48.92초, 자동화 천자군에서 평균 30.69초로 자동화 천자기구를 사용한 군에서 통계적으로 유의하게 짧았다($P<0.0001$). 천자 횟수의 평균값은, 자동화 천자군에서 1.02로, 고식적 천자군 1.35에 비해 통계적으로 의미 있게 낮았다($P=0.0001$). 검사후 출혈반점이나 멍 등은 고식적 천자기구 군에서 15례(30%), 자동화 천자기구 군에서 3례(6%)로 자동화 천자기구 사용 군에서 의미 있게 적게 나타남을 관찰할 수 있었다($P=0.0024$).

결론: 자동화 절개형 천자기구(BD QuickHeel)는 검사 실패율이 낮으며, 짧은 시간에 채혈이 가능하고, 멍이나 출혈 같은 부작용이 적어 신생아, 특히 최근 생존율이 향상되어 증가되고 있는 미숙아에서 발뒤꿈치 천자에 의한 채혈에 유용한 도구가 될 수 있겠다

References

- 1) Barker DP, Rutter N. Exposure to invasive procedures in neonatal

- intensive care unit admissions. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1995;72:F47-8.
- 2) Cartlidge PH, Fox PE, Rutter N. The scars of newborn intensive care. *Early Hum Dev* 1990;21:1-10.
 - 3) Stevens B, Johnston C, Petryshen P, Taddio A. Premature Infant Pain Profile: development and initial validation. *Clin J Pain* 1996; 12:13-22.
 - 4) Goubet N, Clifton RK, Shah B. Learning about pain in preterm newborns. *J Dev Behav Pediatr* 2001;22:418-24.
 - 5) Taddio A, Shah V, Gilbert-MacLeod C, Katz J. Conditioning and hyperalgesia in newborns exposed to repeated heel lances. *JAMA* 2002;288:857-61.
 - 6) Barker DP, Latty BW, Rutter N. Heel blood sampling in preterm infants: which technique? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1994;71:F206-8.
 - 7) Courtney SE, Weber KR, Breakie LA, Malin SW, Bender CV, Guo SM, et al. Capillary blood gases in the neonate. A reassessment and review of the literature. *Am J Dis Child* 1990;144:168-72.
 - 8) Shah V, Ohlsson A. Venepuncture versus heel lance for blood sampling in term neonates. *Cochrane Database Syst Rev* 2007: CD001452.
 - 9) Ogawa S, Ogihara T, Fujiwara E, Ito K, Nakano M, Nakayama S, et al. Venepuncture is preferable to heel lance for blood sampling in term neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2005;90:F432-6.
 - 10) Shah VS, Taddio A, Bennett S, Speidel BD. Neonatal pain response to heel stick vs venepuncture for routine blood sampling. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1997;77:F143-4.
 - 11) Larsson BA, Tannfeldt G, Lagercrantz H, Olsson GL. Venipuncture is more effective and less painful than heel lancing for blood tests in neonates. *Pediatrics* 1998;101:882-6.
 - 12) Janes M, Pinelli J, Landry S, Downey S, Paes B. Comparison of capillary blood sampling using an automated incision device with and without warming the heel. *J Perinatol* 2002;22:154-8.
 - 13) Johnson KJ, Cress GA, Connolly NW, Burmeister LF, Widness JA. Neonatal laboratory blood sampling: comparison of results from arterial catheters with those from an automated capillary device. *Neonatal Netw* 2000;19:27-34.
 - 14) Jeong JT, Yun SY, Lee R, Hyun JH, Jung GY. Availability of capillary blood gas analysis in neonate. *J Korean Pediatr Soc* 2002;45:449-53.
 - 15) McLain BI, Evans J, Dear PR. Comparison of capillary and arterial blood gas measurements in neonates. *Arch Dis Child* 1988;63:743-7.
 - 16) Stevens B, Hunsberger M, Browne G. Pain in children: theoretical, research, and practice dilemmas. *J Pediatr Nurs* 1987;2:154-66.
 - 17) Lawrence J, Alcock D, McGrath P, Kay J, MacMurray SB, Dulberg C. The development of a tool to assess neonatal pain. *Neonatal Netw* 1993;12:59-66.
 - 18) Brown L. Physiologic responses to cutaneous pain in neonates. *Neonatal Netw* 1987;6:18-22.
 - 19) Anand KJ, Grunau RE, Oberlander TF. Developmental character and long-term consequences of pain in infants and children. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am* 1997;6:703-24.
 - 20) Badr LK, Abdallah B, Hawari M, Sidani S, Kassar M, Nakad P, et al. Determinants of premature infant pain responses to heel sticks. *Pediatr Nurs* 2010;36:129-36.
 - 21) Johnston CC, Strada ME. Acute pain response in infants: a multi-dimensional description. *Pain* 1986;24:373-82.
 - 22) Prevention and management of pain and stress in the neonate. American Academy of Pediatrics. Committee on Fetus and Newborn. Committee on Drugs. Section on Anesthesiology. Section on Surgery. Canadian Paediatric Society. Fetus and Newborn Committee. *Pediatrics* 2000;105:454-61.
 - 23) Evans JC, McCartney EM, Lawhon G, Galloway J. Longitudinal comparison of preterm pain responses to repeated heelsticks. *Pediatr Nurs* 2005;31:216-21.
 - 24) Shah V, Taddio A, Kulasekaran K, O'Brien L, Perkins E, Kelly E. Evaluation of a new lancet device (BD QuikHeel) on pain response and success of procedure in term neonates. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003;157:1075-8.
 - 25) McIntosh N, van Veen L, Brameyer H. Alleviation of the pain of heel prick in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1994; 70:F177-81.
 - 26) Paes B, Janes M, Vegh P, LaDuca F, Andrew M. A comparative study of heel-stick devices for infant blood collection. *Am J Dis Child* 1993;147:346-8.
 - 27) Vertanen H, Fellman V, Brommels M, Viinikka L. An automatic incision device for obtaining blood samples from the heels of preterm infants causes less damage than a conventional manual lancet. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2001;84:F53-5.
 - 28) Kazmierczak SC, Robertson AF, Briley KP. Comparison of hemolysis in blood samples collected using an automatic incision device and a manual lance. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2002;156: 1072-4.