

## 고위험신생아의 생후 초기 표피 pH, 온 · 습도와 산성뿔개 형성 요인

안영미 · 손 민 · 이상미 · 이미진

인하대학교 의과대학 간호학과

## pH, Temperature, Hydration of the Stratum Corneum of the Dorsal Hand and the Cord Area, and Acid Mantle Formation during Early Days of life in High-risk Newborns

Ahn, Youngmee · Sohn, Min · Lee, Sangmi · Lee, Mijin

Department of Nursing, College of Medicine, Inha University, Incheon, Korea

**Purpose:** The study was done to explore variations in physiologic parameters of the stratum corneum (SC) of the dorsal hand and cord area during early days of life in high-risk newborns. **Methods:** In this longitudinal study, a total of 77 high-risk newborns were assessed for pH, temperature and hydration of the SC of the dorsal hand and the cord area on the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> days of life. **Results:** Results showed that an acid mantle (AM) was formed in 57.1% for dorsal hand and 35.1% for cord area, implying significant delay regardless of decrease in pH ( $F = 103.60, p < .001$ ), and hydration ( $F = 4.00, p = .003$ ) across days in both areas. Peripheral hypothermia with low hydration level was also observed in both areas. There was a positive relation between hydration and temperature ( $.14 < r < .27, p < .010$ ), and negative relation between hydration and pH in both areas ( $-.23 < r < -.15, p < .010$ ). Antibiotics may play a positive role in AM formation. **Conclusion:** High-risk newborns may experience delay in acid mantle formation on SC, hypothermia and decreases in hydration on peripheral sites during the first 7 days of life.

**Key words:** Newborns, Skin, Umbilical cord, Hand, Acid

## 서론

## 1. 연구의 배경

신생아 피부는 외부와 소통하는 첫 관문으로 체중의 13%에 달하는 넓은 체표면적을 형성하여 독성물질 및 균 침입예방, 체액균형조절 등 생존에 필수적인 면역기능을 담당한다(Hoeger & Enzmann, 2002). 신생아 피부는 정상적으로 일정 온도의 중성 멸균양수 내에 있다가 출생과 함께 외부 온도와 공기에 노출되어 생리적인 각질화 과정을 거쳐 pH 5.0-5.5의 산성뿔개(acid mantle)가 형성되면서 안정

상태를 유지한다(Chiou & Blume-Peytavi, 2004). 산성뿔개는 표피의 항균 방어막에 중요한 기능을 하는데 주로 표피의 과립층과 각질화 과정 중 분비되는 인지질에 의해 산성을 나타낸다(Lee et al., 2010). 이에 신생아의 표피장벽기능은 출생 후 경험하는 표피 건조와 온도 변화 및 각질화 과정에서 나오는 pH 수준, 즉 산성뿔개 기능에 따라 결정된다.

신생아 피부 중 제대는 출생과 함께 신체부위로서의 역할과 연결이 종료됨에 따라 건조와 과사과정을 거쳐 생후 7-10일경에 신체에서 탈락된다. 이는 정상 생리과정이지만 한편 감염위험이 내재되어 있으므로 과거 개발도상국에서는 제대관리 및 감염예방차원에서

주요어: 신생아, 피부, 제대, 손, 산성

\* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원금을 받아 수행된 것임(No. 2010-0021971).

\* This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2010-0021971).

Address reprint requests to : Ahn, Youngmee

Department of Nursing, Inha University, 253 Yonghyun-dong, Nam-gu, Incheon, 402-751, Korea

Tel: +82-32-860-8207 Fax: +82-32-874-5880 E-mail: aym@inha.ac.kr

투고일: 2012년 6월 20일 심사위원회일: 2012년 7월 25일 게재확정일: 2012년 9월 16일

적극적으로 항균제를 사용하였다(Pezzati et al., 2003). 그러나 건강한 신생아의 제대와 피부에 무분별한 항균제사용은 표피 pH를 변화시켜 표피장벽기능을 손상시키므로 오늘날 선진의료환경에서의 표준 제대간호는 물을 사용한 청결건조이다(Zupan, Garner, & Omari, 2004).

한편 오늘날 저출산 경향에도 불구하고 중증미숙아 등 다양한 고위험신생아(이하 고위험아)의 생존이 증가함에 따라 이들의 피부 및 제대간호 관련 지식체와 임상실무가 중요하게 대두되었다. 고위험아는 피부가 차지하는 생리적 중요성은 물론 조산으로 인한 미성숙, 혹은 치료과정에서의 노출 및 침습적 처치 증가 등과 관련하여 피부 및 제대 문제를 일으킬 위험이 크다. 예를 들어 미숙아는 피부 및 신체생리기능 미성숙으로 인해 과도한 불감성 수분손실, 전해질 불균형, 순환 및 체온조절장애는 물론 표피의 장벽기능장애위험이 높다. 따라서 고위험아의 피부 및 제대간호는 표피 상태, 즉 표피의 pH, 온도 및 습도에 대한 객관적 사정자료에 근거해야 하며 이를 중심으로 안전성과 효용성이 평가되어야 한다. 그러나 고위험아의 피부 및 제대사정은 간호사의 경험과 주관적 판단에 의존하는 경우가 많고, 피부의 장벽기능에 유효하면서도 감염관리 측면의 안전성 확보 관련 실무지침의 근거는 거의 알려져 있지 않다. 현재 미국 보건국에서 제공하는 표준화 임상실무지침 데이터베이스([www.guideline.gov](http://www.guideline.gov))나 전문가집단에 의한 체계적 문헌고찰 아카이브인 코크란데이터베이스([www.cochrance.org](http://www.cochrance.org))에도 고위험아의 표피 및 제대간호지침은 제시되지 않았다. 일부 신생아집중치료실(Neonatal Intensive Care Unit [NICU])에서는 목욕, 피부 및 제대간호 시 철저한 항균소독을 하는 경우도 있으나 이 역시 근거중심실무라기 보다는 중증 미숙아를 위한 공격적 감염관리에 중점을 둔 것이며 대부분 특별한 지침 없이 간호사 개인의 선호에 의해 실무가 이루어진다. 따라서 고위험아의 피부 및 제대간호지침을 개발하기 위해서는 궁극적으로 이들의 표피의 장벽기능과 제대 관련 지식체를 탐색할 필요가 있다.

신생아 표피의 장벽기능은 출생과 함께 상온에 노출되면서 성숙되는데 이에 영향을 미치는 요인은 표피의 pH, 온도, 습도, 인종, 노화, 스트레스, 침수이다(Lee et al., 2010). 이들 중 표피 pH는 산성땀개 형성여부의 기준으로 만삭아는 pH 5.5이하에서 정상적 방어기능을 하며 6.0이상이면 산성땀개의 기능을 기대하기 어렵다(Schmid-Wendtner & Korting, 2006). 신생아 표피안정화와 관련 연구는 생후 초기 pH 및 표피습도(Hoeger & Enzmann, 2002; Yosipovitch, Maayan-Metzger, Merlob, & Sirota, 2000), 각질층의 태내발달(Chiou & Blume-Peytavi, 2004; Mancini, 2004) 등이 있다. 국내의 경우 일 연구(Ahn & Shin, 2007)에서 신생아의 표피수분율은 성인보다 낮고 부위 별로 각각 다르며(32-36%), 미숙아는 만삭아 보다 더 낮음을 보고하였다.

그러나 이들 연구의 대부분은 생후 10일 이후에 측정되거나(Ahn & Shin, 2007) 알코올(Reynolds, Banerjee, & Meek, 2005) 혹은 Chlorhexidine (Lashkari, Chow, & Godambe, 2012)으로 인한 피부손상사례, 보습유연제 효과(Visscher et al., 2009) 등 특정 변수에 대한 제한된 보고이다. 표피 중 제대부위는 생후 수일 내에 자연 탈락됨과 동시에 감염관리의 주요 부위이므로 고위험아의 제대간호는 피부 및 제대부위의 표피생리 즉 지식체에 근거하여 개발되어야 한다. 이에 고위험아 제대부위의 pH, 온도, 습도를 탐색하고 다른 표피 부위와 비교하여 산성땀개 측면에서 분석할 필요가 있다.

## 2. 연구 목적

본 연구는 고위험아를 대상으로 생후 일주일 간의 손등과 제대 부위에서 표피의 안정화와 장벽기능에 영향을 미치는 pH, 온도, 습도를 종적으로 측정하고 영향 요인을 탐색하기 위해 실시되었다. 이를 위한 구체적인 연구목표는 첫째, 생후 일주일 동안 표피와 제대 부위의 pH, 온도 및 습도를 측정하여 그 변화와 상호관계를 탐색하고, 둘째, 표피와 제대 부위의 산성땀개 형성과 영향 요인을 분석하기 위함이다.

## 연구 방법

### 1. 연구 설계

본 연구는 미숙아를 포함한 고위험아를 대상으로 출생 후 일주일 간 이들의 표피 및 제대부위의 pH, 온도 및 습도를 전향적 종적으로 분석하여 산성땀개 형성과 관련 요인을 탐색한 관찰연구이다.

### 2. 연구 대상

본 연구의 표적모집단은 극소저출생체중아를 포함한 모든 고위험아로 2010년 10월부터 2011년 6월까지 일 대학병원의 NICU에 입원한 신생아였다. 유전질환, 피부질환, 제대탈장, 제대기형, 제대삽입관을 가지고 있는 신생아는 일반적 피부 및 제대간호 적용에 한계가 있어 연구대상자에서 제외하였다. 본 연구의 적정 표본수 산출과 관련하여 고위험아의 생후 일에 따른 온도, 습도, pH 변화와 관련된 연구를 찾아보기 어려워 NICU 입원신생아 24명을 대상으로 생후 나이(일), 손등 pH와 온도 간 관계에 대한 단면적 예비조사를 실시하였다. 그 결과 pH와 온도 간에는 통계적으로 유의하진 않았으나  $r = -.31$ 의 가능성이, 생후 나이와 pH 간에  $r = -.76$ 의 유의한 관계가 관찰되었다. 이에  $|.31|-.76|$ 의 상관관계 값을 이용하고,  $\alpha$

=.05와  $\beta=.2$ 를 양측검정으로 검정력에 근거한 표본수를 추정한 결과 11-84명의 대상자가 필요한 것으로 산출되었다. 이에 선택기준에 의해 대상자를 경쟁적으로 모집하였는데 9개월의 연구기간 동안 총 89명에게 자료 수집이 시작되었다. 이중 12명(13.5%)은 생후 7일 이내에 제대탈락으로 연구에서 중도탈락 되어 본 연구의 최종대상자는 제대탈락 없이 7일 간의 자료 수집이 완료된 77명(86.5%)이었다.

### 3. 자료 수집

본 연구는 자료 수집 전에 해당 병원의 임상시험센터 기관연구윤리위원회(Institutional Review Board)로부터 승인을 받았으며(승인 번호: 10-2090) NICU 실장과 수간호사에게 연구를 공지하고 모든 NICU 간호사들에게 연구과정을 소개하였다. 아동간호학 교수 및 대학원생으로 구성된 연구팀은 매일 NICU의 사례를 파악하여 선택조건을 만족하는 대상자가 내원하면 부모에게 연구 목적 및 과정, 자료 수집 방법을 비롯하여 개인정보 비밀유지, 참여중단의 자유, 자발적 동의, 피험자 권리 보호 등을 설명하고, 연구 참여에 대한 서면동의서를 받았다. 대상자가 확정되면 생후 첫날부터 일주일 동안 대상자의 손등과 제대부위의 pH, 온도 및 습도를 측정하였다. 손등을 선택한 이유는 옷, 보육기 등과 최소 접촉을 하는 부위이며 피부가 겹쳐지지 않고 공기 중에 자연히 노출되는 부위이기 때문이었다. 제대부위 측정은 제대와 몸통이 연결되는 부위에서 남아있는 제대와 접촉이 없이 공기 중에 노출된 복부 표면에서 이루어졌다.

출생 후 일주일 동안 생후 3일은 매일 측정하고 이후 5일째와 7일째에 측정을 하여 대상자 별 5회(1회/일)의 측정이 이루어졌는데 이는 만삭아 표피는 생후 3일 즈음에 안정화되며(Rutter, 2000) 일주일 이후에는 제대탈락이 발생할 확률이 커지기 때문이었다. 매 측정 전 한 시간 동안 목욕, 피부소독 등의 접촉 및 처치를 하지 않았으며 생후 나이(일)의 시간 간격을 약 24시간으로 유지하기 위해 매일 오전 10-11시 사이의 일정한 시기에 측정을 하였다. 이때 제대부위에서 발적, 냄새, 분비물, 육아종(granuloma) 형성과 같은 이상 특성이 관찰되는 경우 이를 수집하였고 의무기록을 통해 대상자의 의학적 특성을 수집하였다.

### 4. 연구 도구

손등과 제대의 pH와 온도는 skin pH meter (HI 99181, HANNA instrument, Romania)를 이용하여 측정하였다. 이 기기는 휴대 가능한 크기(210g)로 표피 pH와 온도를 측정하는 전극과 케이블로 연결되어 있다. 전극은 끝이 둥근 유리표면(지름 1cm)으로 되어 있어 이를 측정하고자 하는 피부 표면에 가볍게 접촉함으로써 표피 온도는 섭

씨 -5-105도 범위에서 소수점 한 자리, 표피 pH는 -2-16 범위에서 소수점 두 자리까지 측정한다. 오차는  $\pm 0.02$ 내이며 30초 이내에 디지털 화면에 측정치가 나타내며 기기를 켜 때 내부 buffers로 자동보정 된다. 기기의 민감도와 특이도는 설명서에 제시되어 있고 예비조사에서 사용해 본 결과 조작과 사용이 간편하고 측정자 간 오차는 물론 반복 측정으로 인한 오차 역시 없는 것으로 나타났다. 손등과 제대의 습도는 피부수분계(Skin hydrometer, National DM-R<sup>2</sup>, Japan)를 이용하여 측정하였다. 이는 일종의 전자체온계 모양으로 끝이 약 2mm 직경인 둥근 탐침을 피부표면에 가볍게 접촉하면 수초 후 접촉 표면의 수분율이 알람소리와 함께 디지털 모니터에 나타난다. 표피각질층의 수분율은 0-99% 범위에서 소수점 한 자리까지 측정되며 기기를 켜 때 자동보정 된다. 이 기기는 기존연구에서 신생아에게 사용되었으며(Ahn & Shin, 2007) 모든 측정값은 3회 측정의 평균값을 취하였다.

### 5. 자료 분석

모든 자료는 IBM SPSS 19.0에서  $\alpha=.05$ 와 양측검정을 이용하여 분석하였다. 손등 및 제대부위의 pH, 온도 및 습도는 기술통계를 이용하여 탐색하였으며, 생후 나이(일)간의 변화 및 대상자 특성에 따른 변이는 반복측정분산, 사후검정, 상관관계를 이용하여 분석하였다. 표피 산성도개 형성과 관련하여 정상 산성도개 기능을 위한 pH 5.5를 기준으로 형성 집단(Group 1: pH $\leq$ 5.5)과 미형성 집단(Group 2: pH $>$ 5.5)으로 대상자를 구분하여 분산분석, 교차분석 및 일반선형모형을 이용하여 분석하였다.

## 연구 결과

### 1. 대상자의 특성

총 77명의 대상자 중 남자는 43명(55.8%), 여자는 34명(44.2%)이었고 48명(62.3%)은 제왕절개로 출생하였다. 미숙아는 66명(85.7%)이었으며 출생 시 평균 재태기간은 33.9주( $\pm 2.92$ ), 체중은 2214.6g ( $\pm 729.56$ ), 5분 아프가점수는 7.8점( $\pm 1.48$ ), 산모의 나이는 31.7세( $\pm 4.80$ )였다. 출생 시 조산 문제만 가진 대상자는 25명(32.5%)이었으나 52명(67.5%)은 조산 이외에도 신생아 일과성 빈호흡, 목의 텃줄(nuchal cord), 태변착색, 양수흡인, 다태아, 자궁 내 성장 지연 등의 문제를 가지고 있었다. 입원 동안 24명(31.2%)은 평균 6.9일( $\pm 5.42$ )의 인공호흡 기치료를, 71명은 7.5일( $\pm 4.31$ )의 광선치료를 받았다. 대상자 중 40명(51.9%)은 1단계 이하의 뇌실 내 출혈과 같은 잠재성 잔여문제를 가지고 퇴원하였고 제대탈락 시기는 평균 12.8일( $\pm 4.44$ )이었다.

## 2. 표피와 제대의 pH, 온도 및 습도

손등과 제대부위의 pH는 Table 1에 제시한 바와 같이 생후 첫날 각각 6.19와 6.67로 시작하여 이후 지속적으로 감소하여 생후 7일째에는 각각 5.48과 5.65에 이르렀다( $F=103.60, p<.001$ ). 제대 pH는 항상 손등 pH보다 높은 값을 보였지만( $F=286.76, p<.001$ ) 차이 자체는 시간이 갈수록 유의한 수준으로 감소하였다( $F=12.27, p<.001$ ). 표피온도는 두 부위에서 각각 섭씨 26.99도와 27.28도로 시작하여 일주일 내내 유의한 변화를 보이지 않았는데( $F=1.97, p=.099$ ) 제대 부위가 손등보다 항상 높은 온도를 유지하였다( $F=13.56, p<.001$ ). 습도는 손등과 제대부위에서 각각 32.70%와 31.62%를 시작으로 7일 동안 최대 34.74%와 33.52%까지 유의한 변이를 보였으며( $F=4.00, p=.003$ ) 제대보다 손등의 측정값이 항상 높았다( $F=19.56, p<.001$ ).

한편 두 부위에서 표피생리변수들 간의 관계를 분석한 결과(Table 2) 체온과 환경 온·습도를 통제한 상태에서 pH와 생후 나이(일) 간에는 강한 역상관( $r=-.56$ 과  $-.68, p<.001$ )이, 생후 나이 등의 통제 여부와는 상관 없이 pH와 습도 간 약한 역상관( $-.23<r<-.15, p<.001$ )이 관찰되었다. 또한 온도와 습도 간에는 통제 여부와는 상관 없이 두 부위 모두 약한 순상관( $.14<r<.26, p<.010$ )을 보였다. pH와 온도 간에는 손등에서는 유의한 상관을 보이지 않았으나( $r=-.01$ 과  $.05, p>.050$ ), 제대부위에서는 통제 요인이 없는 경우는 약한 순상관을 보인 반면( $r=.15, p=.004$ ), 생후 나이를 통제한 상태에서는 유의한 상관이 관찰되지 않았다( $r=.07, p=.160$ ).

## 3. 표피 산성땀개 형성과 관련 요인

표피 pH 5.5를 기준으로 산성땀개 형성 여부에 따른 집단1(형성 집단)과 집단2(미형성집단)의 빈도를 살펴본 결과(Table 3) 손등의 경우 생후 첫날 1명을 시작으로 계속 형성 빈도가 증가하여 7일째에 44명(57.1%)이 산성땀개를 형성하였다. 반면 제대의 경우 생후 3일에 이르러 형성사례가 관찰되기 시작하여 7일째에는 27명(35.1%)이 산성땀개를 형성하였으며 이러한 빈도변화는 손등과 제대 모두 통계적으로 유의한 수준을 보였다( $\chi^2=82.63$ 과  $73.20, p<.001$ ). 생후 7일째 두 부위 모두에서 산성땀개를 형성한 사례는 모두 20명(26%), 손등만 형성한 사례는 24명(31.2%), 제대부위만 형성한 사례는 7명(9.1%), 전혀 형성하지 않은 사례는 26명(33.8%)으로 부위 별 형성 빈도 역시 유의한 차이를 보였다( $\chi^2=4.87, p=.027$ ).

산성땀개 형성과 관련된 요인을 분석하기 위해 생후 7일째에 손등과 제대 두 곳 모두에서 성별, 조산여부, 건강문제, 태대기간, 출생 체중, 5분 아프가점수, 환경습도, 광선치료여부에 대해 집단1과 집단2 간의 차이를 분석한 결과(Table 4) 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 손등의 경우 산성땀개가 형성된 44명 중 항생제를 사용한 경우는 29명(65.9%)인 반면, 형성되지 않은 33명 중 항생제를 사용한 경우는 11명(33.3%)으로 항생제 사용 유무와 산성땀개 형성 간에는 유의한 관계가 있었다( $\chi^2=8.02, p=.005$ ). 이러한 현상은 제대 부위에서는 관찰되지 않았다. 제대분비물을 보인 사례는 관찰되지 않았으나 제대부위의 발적, 분비물 및 육아종형성은 각각 13명

**Table 1.** pH, Temperature and Hydration Changes for Dorsal Hand and Cord Area during First 7 Days of Life

(N=77)

Variables	Sites	1st day	2nd day	3rd day	5th day	7th day	F (p)	Sites	Ages (day)	Sites* Ages
		M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD		F (p)	F (p)	F (p)
pH	Hand	6.19 ± 0.37	5.93 ± 0.35	5.74 ± 0.34	5.61 ± 0.30	5.48 ± 0.31	53.6 (<.001) 109.87 (<.001)	286.76 (<.001)	103.60 (<.001)	12.27 (<.001)
	Cord	6.67 ± 0.43	6.27 ± 0.35	5.99 ± 0.30	5.78 ± 0.32	5.65 ± 0.30				
Temperature (°C)	Hand	26.99 ± 1.51	26.65 ± 1.62	26.83 ± 1.61	26.50 ± 1.56	26.52 ± 1.51	1.41 (.229) 2.40 (.050)	13.56 (<.001)	1.97 (.099)	1.21 (.307)
	Cord	27.28 ± 1.39	26.87 ± 1.51	26.92 ± 1.35	26.87 ± 1.61	26.56 ± 1.33				
Hydration (%)	Hand	32.70 ± 3.07	33.69 ± 4.29	33.32 ± 3.11	34.74 ± 4.23	33.86 ± 3.20	3.29 (.011) 2.97 (.020)	19.56 (<.001)	4.00 (.003)	0.71 (.587)
	Cord	31.62 ± 3.96	33.18 ± 4.58	32.90 ± 3.31	33.52 ± 3.13	32.86 ± 3.11				

**Table 2.** Correlation among pH, Temperature and Hydration and Age for Dorsal Hand and Cord Area

(N=77)

Control	Variables	Hand			Cord		
		pH	Temperature	Hydration	pH	Temperature	Hydration
		r (p)	r (p)	r (p)	r (p)	r (p)	r (p)
BT, ET, EH	Ages (day)	-.56 (<.001)	-.08 (.105)	.13 (.013)	-.68 (<.001)	-.10 (.058)	.07 (.154)
Age (day)	pH		-.01 (.822)			.07 (.160)	
	Hydration	-.15 (.003)	.27 (<.001)		-.22 (<.001)	.15 (.003)	
No control	pH		.05 (.360)			.15 (.004)	
	Hydration	-.19 (<.001)	.26 (<.001)		-.23 (<.001)	.14 (.006)	

BT=Body temperature; ET=Environmental temperature; EH=Environmental humidity.



**Table 3.** Frequency of Acid Mantle (AM) Groups for Dorsal Hand and Cord Area for first 7 Days of Life

(N = 77)

Sites	AM groups	1st day n (%)	2nd day n (%)	3rd day n (%)	5th day n (%)	7th day n (%)	$\chi^2$ (p)
Hand	Group 1	1 (1.3)	6 (7.8)	18 (23.4)	28 (36.4)	44 (57.1)	82.63 (<.001)
	Group 2	76 (98.7)	71 (92.2)	59 (76.6)	49 (63.6)	33 (42.9)	
Cord	Group 1	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (2.6)	14 (18.2)	27 (35.1)	73.20 (<.001)
	Group 2	77 (100.0)	77 (100.0)	75 (97.4)	63 (81.8)	50 (64.9)	

Group 1 = Group with acid mantle formation; Group 2 = Group with no acid mantle formation.

**Table 4.** Factors relating to Acid Mantle Formation for Dorsal Hand and Cord Area at the 7th Day of Life

(N = 77)

Characteristics	Type	Hand			Cord		
		Group 1 (n=44)	Group 2 (n=33)	$\chi^2$ or F (p)	Group 1 (n=27)	Group 2 (n=50)	$\chi^2$ or F (p)
		n (%) or M $\pm$ SD	n (%) or M $\pm$ SD		n (%) or M $\pm$ SD	n (%) or M $\pm$ SD	
Gender	Male	28 (63.6)	15 (45.5)	2.53 (.112)	15 (55.6)	28 (56.0)	0.00 (.970)
	Female	16 (36.4)	18 (54.5)		12 (44.4)	22 (44.0)	
Health problems at birth	Prematurity	11 (25.0)	14 (42.4)	2.61 (.106)	8 (29.6)	17 (34.0)	0.15 (.696)
	Others*	33 (75.0)	19 (57.6)		19 (70.4)	33 (66.0)	
Health problems in hospital†	No	1 (2.3)	1 (3.0)	0.04 (1.000)	0 (0.0)	2 (4.0)	1.11 (.539)
	Yes	43 (97.7)	32 (97.0)		27 (100.0)	48 (96.0)	
Health problems at discharge‡	No	24 (54.5)	13 (39.4)	1.73 (.188)	16 (59.3)	21 (42.0)	2.09 (.148)
	Yes	20 (45.5)	20 (60.6)		11 (40.7)	29 (58.0)	
Use of antibiotics	No	15 (34.1)	22 (66.7)	8.02 (.005)	11 (40.7)	26 (52.9)	0.89 (.345)
	Yes	29 (65.9)	11 (33.3)		16 (59.3)	24 (48.0)	
Phototherapy‡	No	2 (3.3)	4 (66.7)	1.51 (.393)	1 (16.7)	5 (83.3)	0.97 (.417)
	Yes	42 (59.2)	29 (40.8)		26 (36.6)	45 (63.4)	
Cord redness‡	No	36 (81.8)	28 (84.8)	0.12 (.725)	23 (85.2)	41 (82.0)	0.13 (.722)
	Yes	8 (18.2)	5 (15.2)		4 (14.8)	9 (18.0)	
Cord discharge‡	No	42 (95.5)	29 (87.9)	1.51 (.393)	26 (96.3)	45 (90.0)	0.97 (1.000)
	Yes	2 (4.5)	4 (12.1)		1 (3.7)	5 (10.0)	
Cord granuloma‡	No	44 (100)	31 (93.9)	2.74 (.180)	26 (96.3)	49 (98.0)	0.20 (1.000)
	Yes	0 (0.0)	2 (6.1)		1 (3.7)	1 (2.0)	
Gestational age (week)		34.26 $\pm$ 3.30	33.48 $\pm$ 2.30	1.22 (.227)	34.75 $\pm$ 3.26	33.48 $\pm$ 2.65	1.85 (.068)
Birth weight (g)		2180.45 $\pm$ 749.78	2260.00 $\pm$ 710.61	-0.47 (.639)	2434.44 $\pm$ 904.40	2095.80 $\pm$ 592.03	1.75 (.088)
Apgar score at 5 minute		8.02 $\pm$ 1.36	7.61 $\pm$ 1.62	1.23 (.223)	8.11 $\pm$ 1.50	7.70 $\pm$ 1.46	1.17 (.247)
Environmental humidity (%)		38.36 $\pm$ 21.72	37.90 $\pm$ 20.17	0.96 (.924)	36.17 $\pm$ 21.83	39.24 $\pm$ 20.58	-0.61 (.543)
Duration of cord-off (day)		13.03 $\pm$ 4.08	12.44 $\pm$ 4.90	0.50 (.621)	13.43 $\pm$ 3.98	12.39 $\pm$ 4.68	0.85 (.397)

Group 1 = Group with acid mantle formation; Group 2 = Group without acid mantle formation.

\*Transient tachypnea of newborns, Nuchal cord, Meconium aspiration, Twin, Intrauterine growth retardation et al.; †Fisher's exact test; ‡Intraventricular hemorrhage grade  $\leq$  1 et al.; §n = 57.

(16.9%), 6명(7.8%), 2명(2.6%)에서 관찰되었는데 이들 역시 두 부위의 산성도개 형성과 유의한 관계를 보이지 않았다. 제대탈락 시기는 생후 평균 12.39-13.43일이었는데 이 역시 집단1과 집단2간은 물론 두 부위 간에도 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편 표피 성숙은 곧 태내 성숙과 연관이 있으므로 조산 여부에 따라 표피의 선성도개 형성여부를 분석하였다. 그 결과 Figure 1과 같이 생후 첫날에는 손등과 제대 부위 모두에서 만삭아 집단이 더 높은 pH를 보였으나 그 이후에는 만삭아 집단에 비해 미숙아 집단은 상대적으로 느린 감소속도를 보여 생후 5일 이후에는 손등과 제대 모두에서 미숙아 집단이 더 높은 pH를 보였다. 즉 생후 7일 동안 pH 변화패턴은 손등(F=25.58,  $p$ <.001)과 제대 부위(F=52.84,  $p$ <.001) 모두에서 미숙아

집단과 만삭아 집단 간에 유의한 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 표피온도나 습도에서는 관찰되지 않았다.

## 논 의

고위험아의 피부 및 제대간호는 이들의 표피생리에 관한 지식체에 근거하여 안전성과 효율성이 평가되어야 한다. 본 연구는 미숙아를 포함한 고위험아 77명의 손등과 제대부위에서 표피생리변수인 pH, 온도 및 습도를 생후 7일 동안 종적으로 측정하여 그 변이 및 관련 요인을 탐색하고 특히 피부의 장벽기능에 관여하는 산성도개 형성 요인을 분석하였다. 연구 결과 표피생리 변화와 산성도개와 관

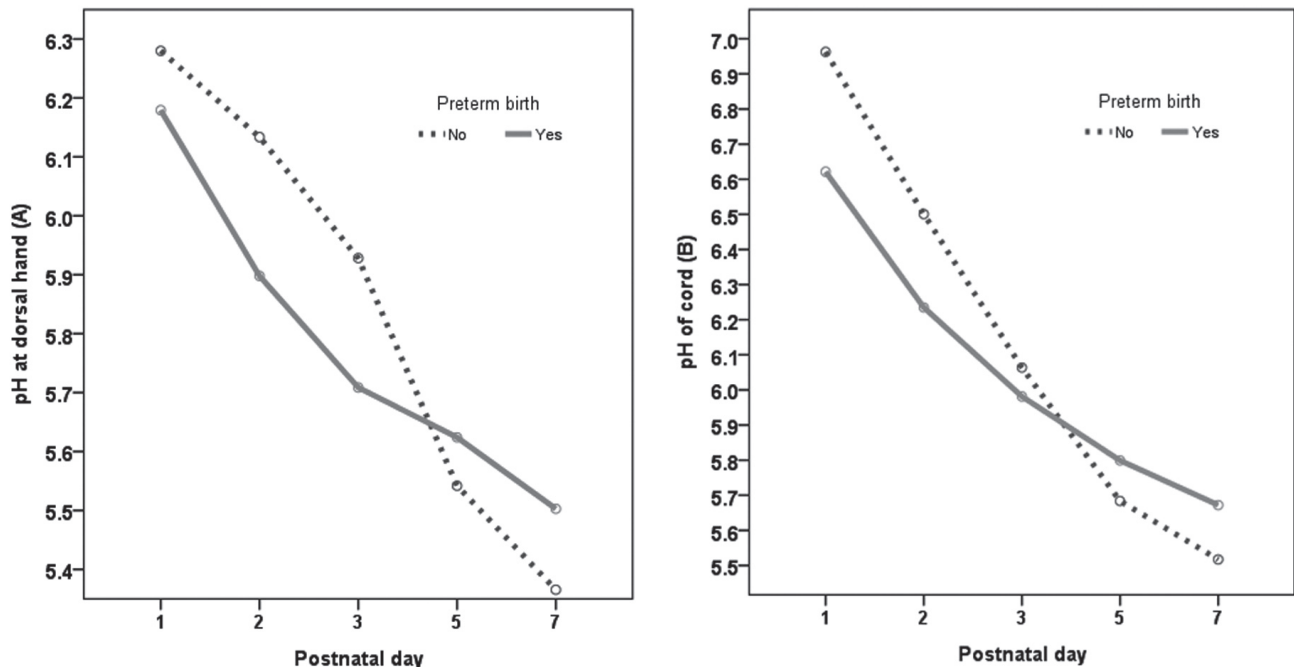


Figure 1. pH variation by preterm birth to 7 days of life for dorsal hand and cord area (Interaction:  $F=25.58$ ,  $p<.001$  at hand;  $F=52.84$ ,  $p<.001$  at cord area).

련하여 총 여섯 가지의 유의한 논의점이 관찰되었다.

첫째, 고위험아의 표피 pH는 생후 7일 동안 지속적으로 낮아지며 표피온도는 출생 직후 급격히 떨어진 후 거의 변함없는 반면 표피습도는 31.62-34.74%의 범위에 있다는 점이다. 고위험아는 섭씨 37도 정도의 알칼리성 양수 속에서 머물다가 출생과 함께 급격한 온도 차이를 보이는 산성 기체 환경에 노출된다. 이때 표피 pH는 생후 첫날 6.34로 급격히 감소하고(Gardner, Carter, Enzman-Hines, & Hernandez, 2011) 이후 지속적으로 감소하여 pH 5.5정도에 이르러 산성땀개를 형성하는 것으로 알려져 있다(Schmid-Wendtner & Kortling, 2006). 본 연구는 미숙아를 포함한 고위험아의 표피 pH가 생후 일주일 동안 어떻게 감소하는지에 대한 정량적 자료를 제시하였다는 점에서 큰 의의가 있다. 또한 생후 7일 동안 표피습도는 32-35%내에서 약간 상승하는 경향을 보인 반면 표피온도는 섭씨 27에서 거의 변화가 없다는 점은 시사하는 바가 크다. 일 연구에서는 만삭아를 대상으로 하여 생후 1일과 2일에 다양한 신체부위의 표피습도를 측정하였는데 이마에서는 최저 약 30%(그림 상 추정값)와 손바닥에서는 최고 약 80%였다(Yosipovitch et al., 2000). 또한 Ahn과 Shin (2007)의 연구에서는 미숙아는 생후 15일에 36.4%, 만삭아는 10일에 34.1%의 표피습도를 보였다. 비록 위 연구 결과들이 단편연구의 측정값이기는 하나 본 연구와 비교해 볼 때 본 연구대상자의 표피수분율은 만삭아에 비해 약간 낮은 수준에서 미세한 변화를 보인 것으로 사려된다. 한편 표피온도의 경우 생후 초기 감소하여 계속 유지하는 현

상은 인체의 항온특성을 고려하면 외부환경의 온도변화나 감염과 같은 체온상승을 초래할 만한 내부요인이 없는 한 자연스러운 현상으로 보여진다. 따라서 표피온도 관련 중요한 결과는 일정한 범위를 유지한다는 점보다는 그 측정값이 저체온에 해당한다는 점이다.

즉, 둘째, 논의점은 고위험아가 생후 초기에 성인이나 건강한 만삭아에 비해 심각한 수준의 말단부위 저체온증을 보인 점이다. 성인의 경우 중심체온이 정상일 때 손가락은 33.9도, 발가락은 32.3도, 종아리는 31.6도(Lee, Koscheyev, Kim, & Warpeha, 2009) 등 말단부위에서 약 섭씨 3-4도 정도 낮은 온도를 보인다. 미숙아 등 고위험아의 경우 조직관류 및 혈액순환의 중요성 때문에 중심체온과 말단체온의 차이를 가능한 최소화해야 하므로 중심체온이 36.5-36.7도일 때 상박과 다리에서 35.4-36.1도 정도 유지하는 것이 바람직하다(Knobel, Guenther, & Rice, 2011; Sahni et al., 2010). 본 연구대상자는 체온 유지 능력에 따라 일반침상, 인큐베이터, 방사보온기 등 다양한 환경에 있었지만 모두 36.5도 내외의 정상중심체온을 유지하였다. 이런 상태에서 7일 동안 손등과 제대부위의 온도가 모두 평균 26.7-26.9도로 중심체온에 비해 거의 섭씨 10도 정도 낮은 저체온을 보인 것은 고위험아의 체온관리에 있어 말단 부위의 관리 부재를 암시한다.

일반적으로 고위험아의 체온관리는 우측 상복부 간이 촉진되는 부위에 중심체온 모니터링을 부착하여 36.5도 내외의 체온을 유지하도록 중성환경온도(Neutral Thermal Environment [NTE])를 제공

하는 것이 필수이다. 건강한 만삭아의 경우 불완전한 혈액순환과 찬 자궁 외 환경으로 인해 말단청색증과 함께 말단 저체온증을 경험할 수 있지만 이는 일시적인 것으로 생후 수일 내에 사라지므로 (Curley & Moloney-Harmon, 2001), 고위험아의 말단 저체온증을 만삭아의 말단저체온증의 연장선 수준에서 간과해서는 안 된다. 그러나 본 연구는 고위험아가 생후 7일 동안 NTE 내에서 중심체온을 잘 유지하고 있음에도 불구하고 지속적인 말단 저체온증을 경험하는 것을 보였다. 특히, 손등뿐 아니라 중심체온을 모니터링 하는 상복부와 비교적 가까운 재대 부위에서도 지속적으로 27도 이하의 저체온을 보였는데 이는 말초순환의 정도와 범위가 심각함을 의미한다. 고위험아의 체온관리를 위한 임상실무는 NTE에서의 중심체온 유지가 강조되며 이를 기계적 모니터링 하는 것이 거의 표준화되어 있다. 최근 들어 미숙아 등 고위험아의 전신에 균일한 정상체온 유지가 중요하게 대두됨에 따라 말단 부위의 체온 측정이 강조되고 있으나 (Knobel et al., 2011) 국내 임상실무에서 말단부위 체온 측정을 하고 있는 경우는 아직 알려져 있지 않고 관련 연구 역시 매우 제한적이다. 본 연구는 고위험아의 중심체온이 정상이라 해도 심각한 수준의 말단 저체온증이 존재함을 나타내었다. 따라서 고위험아의 체온관리에 있어 중심 부위뿐 아니라 말단 부위의 체온 역시 NTE 내에서 정상 범위를 유지하도록 철저한 실무지침과 관련 교육이 필요하다.

셋째, 고위험아의 생후 초기 표피수분율은 손등과 재대부위 모두에서 성인은 물론 만삭아에 비해 훨씬 낮은 수준을 보인 점 역시 중요한 결과이다. 표피수분율에 대한 측정값은 성인은 35-40% (Cartledge, 2000), 만삭아는 생후 첫째 날과 둘째 날에는 75%와 60% (Yosipovitch et al., 2000)이고 생후 셋째 날에는 50% (Hoeger & Enzmann, 2002) 등을 들 수 있다. 그러나 본 연구의 표피수분율은 생후 첫날 31.6-32.7%로 시작으로 7일 동안 두 부위 모두에서 거의 변화 없이 성인은 물론 만삭아에 비해 훨씬 낮은 표피수분율 수준을 보였다. 물론 미숙아는 다른 고위험아에 비해 약 1-3% 정도 높은 표피수분율을 보였지만 이 역시 낮은 수준이며 일 연구 (Ahn & Shin, 2007)에서 생후 10일된 만삭아에서 34.1%, 생후 15일된 미숙아에서 36.2%로 보고한 표피수분율과 비교해도 상당히 낮은 표피수분율이다. 일반적으로 신생아와 성인의 신체수분율 차이를 고려할 때 신생아는 성인보다, 미숙아는 만삭아 보다 높은 표피수분율이 예상된다 (Curley & Moloney-Harmon, 2001; Rutter, 2000). 그러나 본 연구는 이와는 반대 결과를 보였는데 이는 추후 체표면적과 환경 습도 등 관련 변수들 간 관계 속에서 지속적으로 연구될 필요가 있다.

넷째, 고위험아의 표피생리 중 온도와 수분율 간에는 약한 순상관, pH와 수분율 간에는 약한 역상관이 관찰되었다. 온도와 수분율 간 관계는 생체조직의 유기적 순환 효과로 해석할 수 있는데

원활한 순환증진은 해당 부위의 표피온도를 증가시킴과 동시에 원활한 조직관류로 인해 표피수분율 역시 증진시킨다. 이에 고위험아에 있어 피부건조 혹은 축축한 피부는 저체온증 혹은 고체온증 관련 중요한 임상적 특징으로 알려져 있다 (Gardner et al., 2011). 물론 저혈당과 같은 병리적 상태에서는 교감·부교감 자극 등의 원인으로 인해 일시적으로 표피수분율이 증가할 수 있다 (Curley & Moloney-Harmon, 2001). 그러나 본 연구대상자는 출생 직후와 3일째에 각각 평균 60.7mg/dL와 90.0mg/dL의 혈당을 보였고 모두 정맥수액을 제공 받고 있었으며 탈수나 저혈당을 경험하지 않았다. 따라서 본 연구에서의 낮은 표피수분율은 해당부위의 저체온과 순환장애에 기인함을 유추할 수 있다. 특히 온도·수분율의 변화범위가 비교적 작았음에도 불구하고 두 변수 간 유의한 상관관계가 지지됨은 말단부위의 순환장애 사정을 위한 온도·수분율 측정의 중요성을 재강조한다.

한편, pH와 수분율 간 역상관을 보인 점 역시 표피산성화와 건조 사이의 관계를 암시한다. 아토피 피부염 등 많은 피부질환은 표피의 건조화, 각질화 및 산성도 감소가 특징으로 한다 (Hoeger & Enzmann, 2002; Lee et al., 2010). 본 연구는 고위험아의 생후 초기 표피에도 유사한 현상이 발생함을 보임에 따라 표피산성화와 수분 유지의 중요성을 재강조한다.

다섯째, 본 연구의 미숙아집단은 산성도 감소 현상지연을 보였다. 본 연구 결과 두 부위의 표피 pH는 생후 첫날 6.19와 6.67, 이틀째에 5.93과 6.27이었고, 7일 간의 종적 측정 결과 손등에서 57.1%, 재대 부위에서 35.1%만이 산성도 감소가 형성되었다. 이때 산성도 감소 현상 여부와 재태기간, 출생 체중 등 대상자 특성 간에는 상호 무관한 것으로 나타났다 (Table 4) 대상자를 조산 여부에 따른 두 집단으로 나누어 분석한 결과 미숙아 집단의 pH의 감소 속도가 만삭아 집단에 비해 유의한 수준으로 더디었음은 예의주시할 결과이다. 즉 Figure 1에서 나타난 바와 같이 만삭아 집단의 경우 생후 초기에는 중성에 가까운 pH를 보이지만 이후 지속적인 감소로 손등과 재대에서 평균 5.37과 5.52의 pH를 보인 반면, 미숙아 집단은 생후 첫날에는 더 낮은 표피 pH를 보였음에도 불구하고 더 더딘 산성화 과정을 거쳐 7일째에는 평균 5.50과 5.67의 pH를 보였다.

신생아의 표피 pH에 관한 연구들은 건강한 만삭아에 있어 생후 2일에 5.5-6.5 (Hoeger & Enzmann, 2002), 생후 첫날 기저귀 부위에서 각각 5.74, 가슴 부위 5.33 (Visscher et al., 2009), 생후 1-4일에 걸쳐 7.3-6.3로 감소 (Peck & Botwinick, 1964; Yosipovitch et al., 2000) 한다는 보고 등이 있다. 산성도 감소가 이루어지는 시기는 만삭아의 경우 생후 둘째 날에 46% (Behrendt & Green, 1958), 생후 4일 (Gardner et al., 2011), 몇 달 (Chiou & Blume-Peytavi, 2004) 등 다양한 보고가 있다. 미숙아의 경우는 산성도 감소 현상은 지연된다는 주장 (Fox, Nelson, &



Wareham, 1998)과 만삭아와 유사한 형성과정을 거친다는 주장 (Fluhr et al., 2010) 등 상반된 보고가 있어 현재 형성시기에 대한 정확한 결론은 어렵다. 그러나 미숙아는 만삭아나 성인에 비해 얇고 덜 발달한 각질층의 미숙한 세포분화로 인해 효율적 피부장벽기능을 위한 표피안정화에 더 오랜 시간이 걸린다는 점(Mancini, 2004), 본 연구에서 미숙아가 만삭아에 비해 더 더딘 산성화 과정을 보인 점, 생후 7일째에 더 높은 pH를 보인 점, 생후 7일째에 만삭아의 산성땀개 형성 빈도가 더 높은 점을 종합해 볼 때 미숙아는 만삭아 보다 산성땀개 형성이 지연될 가능성이 많다. 다만 이러한 차이가 본 연구의 산성땀개 형성 혹은 미형성 집단 간 분석(Table 4)에서 관찰되지 않은 이유는 본 대상자의 86%가 미숙아이었기 때문으로 사려된다. 산성땀개 형성은 외부 환경에 대한 표피의 방어능력을 위한 생리적 적응 현상으로 산성땀개 형성 지연은 곧 표피생리의 방어능력 저하와 연관된다. 미숙아의 성성땀개 형성지연은 이미 미성숙한 면역기전을 가지고 있는 이들에게 더욱더 가중된 방어능력 저하를 의미한다. 따라서 고위험아의 피부 및 제대간호는 산성땀개형성과 표피방어기전을 촉진하는 측면에서 더욱 더 정교한 지침과 실무를 요한다.

여섯째, 항생제 사용은 산성땀개형성에 순기능을 보였다. 이는 손등에서 관찰되었는데 가능한 설명은 항생제와 피부상주균 군집 간 관계이다. 멸균상태로 태어난 신생아는 다양한 외부의 균에 노출되지만 표피산성화를 통해 피부상주균을 안정화 시킨다(Chiou & Blume-Peytavi, 2004; Schmid-Wendtner & Korting, 2006). 피부상주균은 대표적으로 *Streptococcus*, *Staphylococcus aureus*를 비롯하여 약 25개 정도 보고되었는데 이들이 상호균형을 이루는 것이 중요하고 이 과정에서 표피의 산성땀개와 상주균은 서로 상호의존관계에 있어 각각 적정 수준으로 균형을 이루어야 한다(Capone, Dowd, Stamatias, & Nikolovski, 2011; Stamatias, Nikolovski, Mack, & Kollias, 2011). 고위험아는 표피산성화는 물론 정상상주균 안착과 관련하여 비정상적 과정을 겪음에 따라 일부 특정균이 지나친 과다 군집을 이루는 경우가 많다(Mancini, 2004; Schmid-Wendtner & Korting, 2006). 항생제 사용은 *Streptococcus*이나 *Staphylococcus aureus*과 같은 균의 과다 군집을 억제함으로써 산성땀개 형성에 순기능을 할 수 있다. 특히 제대에서 그 현상이 관찰되지 않은 것은 제대의 경우 항생제의 영향이 없기 때문으로 사려되며 이는 역으로 손등 표피에 대한 항생제의 영향을 지지한다.

이상과 같이 본 연구는 고위험아의 손등과 제대부위에서 생후 초기 표피 pH, 온·습도 변화와 산성땀개형성에 관한 여섯 가지 점을 제시하였다. 이는 고위험아의 피부간호 및 제대간호 관련 임상사정 및 관련 중재개발에 많은 점을 시사한다. 예를 들어 본 연구의 제대 탈락일은 평균 12.4-13.4일로 만삭아에 비해 더 오래 걸렸는데,

이는 고위험아의 제대부위는 다른 표피와 같이 건조함에도 불구하고 표피와 제대와의 생리적 분리는 잘 진행되지 않음을 시사한다. 제대가 잘 분리되지 않으면 잔여 된 수분과 함께 피부상주균과 외부 균의 비정상적 증식을 촉진하며 외부 자극 등 기회감염의 확률 역시 높인다. 이런 상황에서 제대부위의 산성땀개 형성 지연은 제대 감염의 위험을 더욱더 가중시킬 수 있다. 따라서 고위험아의 제대간호는 제대부위의 산성땀개형성에 각별한 주의를 기울이는 방향으로 수행되는 것이 바람직하다. 또한 이들은 미성숙한 면역기전과 침습적 처치와 관련하여 조직관류장애, 피부통합성장애, 감염위험성 등의 문제를 거의 보편적으로 가지고 있으므로 표피의 방어기전에 근거하는 과학적 피부간호가 필요하다. 이에 본 연구는 고위험아의 표피 온·습도와 산성땀개 형성에 관한 정량적 측정값과 관련 요인을 제시한 첫 연구로써 이후 많은 관련 연구가 촉진되길 기대한다.

## 결론

본 연구는 미숙아 66명을 포함한 고위험아 77명을 대상으로 생후 7일 동안 손등과 제대부위의 pH, 온도, 습도를 추적하여 변화양상과 산성땀개 형성에 관한 요인을 분석하였다. 그 결과, 여섯 가지 중요한 결과가 관찰되었고 이를 근거로 다음과 같은 결론이 도출되었다. 이는 고위험아의 표피 pH는 생후 7일 동안 지속적으로 낮아지지만 산성땀개 형성시기는 지연됨, 표피온도는 출생 직후 급격히 떨어진 후 거의 변함없이 심각한 수준의 말단저체온증을 보임, 고위험아는 예상과는 달리 생후 초기 매우 낮은 표피수분율을 보이며 표피수분율과 표피온도 간에는 순상관, pH와의 역상관, 항생제 사용과 산성땀개형성의 순상관이 있음 등이다. 한편 신생아에 있어 산성땀개형성 시기 및 영향요인, 신생아기는 물론 그 이후에 다양한 임상적 특성에 따른 피부의 온·습도 변이 등에 대한 추후 연구를 제언한다. 이러한 지식체는 고위험아의 체온 및 수분전해질 관리에 대한 근거중심실무의 바탕이 되고 더불어 감염관리 측면에서 피부간호 및 제대간호 중재의 안전성과 유효성 평가의 기준이 될 것이다.

## REFERENCES

- Ahn, Y., & Shin, E. (2007). Assessment of hydration on the stratum corneum and the influencing factors in neonates. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 37(5), 781-789.
- Behrendt, H., & Green, M. (1958). Skin pH pattern in the newborn infant. *AMA Journal of Diseases of Children*, 95(1), 35-41. <http://dx.doi.org/10.1001/archpedi.1958.02060050037006>
- Capone, K. A., Dowd, S. E., Stamatias, G. N., & Nikolovski, J. (2011). Diversity of the human skin microbiome early in life. *Journal of Investigative Dermatology*, 131(10), 2026-2032. <http://dx.doi.org/10.1038/jid.2011.168>



- Cartledge, P. (2000). The epidermal barrier. *Seminars in Neonatology*, 5(4), 273-280. <http://dx.doi.org/10.1053/siny.2000.0013>
- Chiou, Y. B., & Blume-Peytavi, U. (2004). Stratum corneum maturation. A review of neonatal skin function. *Skin Pharmacology and Physiology*, 17(2), 57-66. <http://dx.doi.org/10.1159/000076015>
- Curley, M. A. Q., & Moloney-Harmon, P. A. (2001). *Critical care nursing for infants and children* (2nd ed.). Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Fluhr, J. W., Darlenski, R., Taieb, A., Hachem, J. P., Baudouin, C., Msika, P., et al. (2010). Functional skin adaptation in infancy-almost complete but not fully competent. *Experimental Dermatology*, 19(6), 483-492. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0625.2009.01023.x>
- Fox, C., Nelson, D., & Wareham, J. (1998). The timing of skin acidification in very low birth weight infants. *Journal of Perinatology*, 18(4), 272-275.
- Gardner, S. L., Carter, B., Enzman-Hines, M. I., & Hernandez, J. A. (2011). *Merenstein & Gardner's handbook of neonatal intensive care* (7th ed.). St. Louis, MO: Mosby.
- Hoeger, P. H., & Enzmann, C. C. (2002). Skin physiology of the neonate and young infant: A prospective study of functional skin parameters during early infancy. *Pediatric Dermatology*, 19(3), 256-262.
- Knobel, R. B., Guenther, B. D., & Rice, H. E. (2011). Thermoregulation and thermography in neonatal physiology and disease. *Biological Research for Nursing*, 13(3), 274-282. <http://dx.doi.org/10.1177/1099800411403467>
- Lashkari, H. P., Chow, P., & Godambe, S. (2012). Aqueous 2% chlorhexidine-induced chemical burns in an extremely premature infant. *Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition*, 97(1), F64. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.2011.215145>
- Lee, J. Y., Koscheyev, V. S., Kim, J. H., & Warpeha, J. M. (2009). Thermal dynamics of core and periphery temperature during treadmill sub-maximal exercise and intermittent regional body cooling. *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, 16(2), 89-100.
- Lee, S. H., Lee, S. E., An, S. K., Hong, S. P., Kim, H. J., Lee, H. K., et al. (2010). *Skin barrier*. Seoul: Ryo Moon Gak.
- Mancini, A. J. (2004). Skin. *Pediatrics*, 113(Suppl 4), 1114-1119.
- Peck, S. M., & Botwinick, I. S. (1964). The buffering capacity of infants' skins against an alkaline soap and a neutral detergent. *Journal of the Mount Sinai Hospital, New York*, 31, 134-137.
- Pezzati, M., Rossi, S., Tronchin, M., Dani, C., Filippi, L., & Rubaltelli, F. F. (2003). Umbilical cord care in premature infants: The effect of two different cord-care regimens (salicylic sugar powder vs chlorhexidine) on cord separation time and other outcomes. *Pediatrics*, 112(4), e275. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.112.4.e275>
- Reynolds, P. R., Banerjee, S., & Meek, J. H. (2005). Alcohol burns in extremely low birthweight infants: Still occurring. *Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition*, 90(1), F10. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.2004.054338>
- Rutter, N. (2000). The dermis. *Seminars in Neonatology*, 5(4), 297-302. <http://dx.doi.org/10.1053/siny.2000.0016>
- Sahni, R., Schulze, K. E., Ohira-Kist, K., Kashyap, S., Myers, M. M., & Fifer, W. P. (2010). Interactions among peripheral perfusion, cardiac activity, oxygen saturation, thermal profile and body position in growing low birth weight infants. *Acta Paediatrica*, 99(1), 135-139. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1651-2227.2009.01514.x>
- Schmid-Wendtner, M. H., & Korting, H. C. (2006). The pH of the skin surface and its impact on the barrier function. *Skin Pharmacology and Physiology*, 19(6), 296-302. <http://dx.doi.org/10.1159/000094670>
- Stamatas, G. N., Nikolovski, J., Mack, M. C., & Kollias, N. (2011). Infant skin physiology and development during the first years of life: A review of recent findings based on in vivo studies. *International Journal of Cosmetic Science*, 33(1), 17-24. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2494.2010.00611.x>
- Visscher, M., Odio, M., Taylor, T., White, T., Sargent, S., Sluder, L., et al. (2009). Skin care in the NICU patient: Effects of wipes versus cloth and water on stratum corneum integrity. *Neonatology*, 96(4), 226-234. <http://dx.doi.org/10.1159/000215593>
- Yosipovitch, G., Maayan-Metzger, A., Merlob, P., & Sirota, L. (2000). Skin barrier properties in different body areas in neonates. *Pediatrics*, 106(1), 105-108. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.106.1.105>
- Zupan, J., Garner, P., & Omari, A. A. (2004). Topical umbilical cord care at birth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, CD001057. <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD001057.pub2>