

영아의 수면 특성

Sleep Characteristics in Infants

이선경

Seonkyeong Rhie

■ ABSTRACT

An infant's sleep varies considerably from that of adults in terms of structure, amount, and breathing pattern. After birth, sleep becomes evenly distributed throughout the day and night. Nighttime sleep gradually increases with the maturation of circadian rhythm, and sleep is gradually consolidated. Electroencephalography characteristics change with age, from early and dominant active (REM) sleep in newborns to increasing NREM sleep. Similar to other elements of growth, the upper respiratory tract and ribcage gradually increase in size with age, and respiratory control also improves. With these changes, sleep patterns also change. At this time that various sleep disorders may appear. Improved understanding of age-dependent changes in infant sleep can help determine the etiology and facilitate diagnosis of infant sleep diseases. **Sleep Medicine and Psychophysiology 2020 ; 27(2) : 33-40**

Key words: Airway patency · Entrainment · Infant · Sleep · Ultradian.

서 론

어린이는 작은 성인이 아니라는 말처럼, 영아는 신체적으로도 정신적으로 성인과 매우 다른 특성이 있으며, 이는 수면에서도 마찬가지이다. 영아의 수면은 성인과 정상의 기준도 다를 뿐 더러, 수면의 구조와 수면의 양, 수면 중 호흡에 있어서 성인과 매우 큰 차이가 있다.

특히 출생 이후부터 생후 12개월은 영아에게 신체와 신경학적인 면에서 매우 빠르고 다양한 변화가 나타나는 시기이다. 이는 수면에서도 마찬가지로, 영아의 수면은 시기에 따라 그 차이가 크고, 다양한 변화가 나타난다. 출생 직후 태내에서 외부 환경에 적응하기 위해 큰 변화가 나타나기 시작하지만, 그 이후에도 돌 무렵까지 신체적으로 다양하게 변한다.

신생아 시기에는 태내에서와 다른 외부 환경에 적응하기 위해, 폐의 활용과 함께 심혈관계 역시 변화하며, 태내와 매우 다른 외부환경에 적응하기 시작한다(Kim 등 2020). 이후 영아 시기에는 신체와 신경의 급격한 발달을 이루며, 키는 출생 시의 1.5배, 몸무게는 출생 시의 3배에 이른다(Sung 2020). 외부 환경에 대응해 손과 발을 움직여 만지고, 걷기 시작하고, 말도 시작한다(Onigbanjo와 Feigelman 2019). 지속적인 외부로부터의 감염으로 면역기능이 활성화되며 아데노이드 등이 커지기 시작한다(Wetmore 2019). 이와 함께 수면에서도 다양한 변화가 나타나기 시작하며, 이때 수면의 양과 양상, 수면 시 뇌파가 지속해서 변화한다.

영아의 수면의 양상이 지속해서 변화함에 따라, 수면 중 발생할 수 있는 증상이나 질병 역시 성인과 매우 다르고, 이 또한 나이에 따라 다양한 특징이 있다. 성인에서 수면과 관련된 주 질병은 과체중이나 근긴장도 감소로 인한 폐쇄성 수면 무호흡인데 주인데 반하여, 소아에서는 어린이의 경우 아데노이드 비대증에 의한 폐쇄성 수면 무호흡이 많이 발생하고(Tal 2016), 영아에서는 수면 개시연관 불면장애와 위식도 역류 등이 관찰된다(Mindell과 Moore 2016 ; Troxler와 Harding 2016).

영아의 시기에 따른 수면의 변화와 그 특징을 알고 있는 것이 소아의 수면을 이해하는 데 큰 도움을 준다. 이에 따라,

Received: December 2, 2020 / Revised: December 23, 2020

Accepted: December 27, 2020

차의과학대학교 분당차병원 소아청소년과

Departments of Pediatrics, CHA Bundang Medical Center, CHA University School of Medicine, Seongnam, Korea

Corresponding author: Seonkyeong Rhie, Department of Pediatrics, CHA University School of Medicine, 59 Yatap-ro, Bundang-gu, Seongnam 13496, Korea

Tel: 031) 780-5230, Fax: 031) 780-5239

E-mail: starclusters@gmail.com

이 글에서는 정상 영아의 수면의 특징을 다른 나이의 정상 수면과 비교하여 기술하고자 한다.

본 론

1. 나이에 대한 용어

소아청소년기는 나이에 따라 신생아, 영아, 유아 또는 학령 전기, 학령기 및 사춘기와 청소년기로 나누는데(Choi 2020), 이 중 신생아(neonate)는 생후 4주간을 일컬으며, 좁은 의미로 생후 1주간을 신생아기로 지칭하기도 한다. 또한, 생후 1개월부터 생후 1년까지를 영아(infancy)라 일컬으며, 신생아기를 영아기에 포함하기도 한다. 신생아기와 영아기 모두 재태기간과 관계없이 출생일을 기준으로 계산하는 역 나이(chronological age)다.

출생 전 태아의 나이를 표현하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 수정일로부터 계산하는 수정연령(fertilization age)과 임신부의 마지막 월경의 첫날로 계산하는 월경연령(menstrual age) 혹은 재태연령(임신 나이, gestational age) 등이 있으며, 이 중 재태연령이 비교적 흔하게 쓰인다. 신생아의 재태연령이 37주 이상 42주 미만인 경우를 만삭아라 하며, 37주 미만인 경우 조산아 혹은 이른 등이라 한다. 출생 이후 나이를 역 나이(chronological age)라 하고, 재태연령과 역 나이를 합하여 월경 후 주령(postmenstrual age)이라 하며, 이를 출생예정일로 보정한 나이를 교정연령(corrected age, adjusted age)이라 한다. 흔하게 사용하는 수정 후 연령(post-conceptual age)은 교정연령과 혼동을 줄 수 있기에 미국 소아과학회에서는 수정 후 연령 보다는 교정연령의 사용을 권고한 바 있다(Engle 등 2004).

2. 수면 일주기의 확립

출생 직후에 흔히 관찰되는 신생아 수면의 큰 특징 중 하나는 낮과 밤의 차이가 명확하지 않다는 점이다. 신생아는 밤낮이 뚜렷이 구분되지 않다가 점차 야간 수면이 증가하고 주간에 깨어 있는 시간이 길어지는데(entrainment), 이러한 낮과 밤의 차이는 상당수의 신생아에서 생후 한두 달 무렵 이후부터 관찰되기 시작한다(Banks와 Dinges 2007 ; Hellbruegge 1960 ; Rivkees 2003). 생후 한두 달 이후에는 성인처럼 명확하게 야간에 긴 수면을 자는 것이 아니라, 1~3시간 단위의 짧은 수면이 반복해서 나타나는 양상이며, 야간 수면의 총량이 주간 수면보다 조금 더 증가한다. 이후 생후 6개월 무렵이면 상당수의 영아에서 야간에 깨지 않고 자게(통잠) 되며, 이 무렵 잘못된 수면 조건 습득으로 인해 수면 개시연관 불면증이 나타나기도 한다.

이처럼 야간 수면시간이 늘어나는 요인으로 재태연령으로 대표되는 신경학적인 발달보다, 외부 자극에 노출된 시간이 중요한 것으로 보인다. 미숙아와 만삭아 모두에서 외부에 노출된 시간이 길수록, 특히 가정환경과 같은 낮과 밤의 차이가 비교적 뚜렷한 환경에 노출된 시간이 길수록, 낮과 밤의 수면시간의 차이가 잘 나타난다(McMillen 등 1991). 연구에 의하면, 가정에서 보낸 시간이 약 40일 정도인 무렵부터 일부 아기들에게 밤낮의 수면시간의 차이가 관찰되다가, 60~70일 사이에 절반의 아기에서 관찰되었다. 이러한 과정은 외부 자극의 영향으로 나타나는데, 강력한 외부 자극은 빛이며(Iwata 등 2017 ; Mirmiran 등 2003 ; Thomas 등 2016 ; Tsai 등 2012), 그뿐만 아니라 엄마의 낮과 밤에 따른 활동량의 차이도 이에 영향을 준다(Nishihara 등 2002 ; Tsai 등 2011). 내재한 일주기 양상(internal circadian pattern) 역시 나이가 증가하면서 점차 명확해지는데(Ardura 등 2003 ; de Weerth 등 2003 ; Simons 등 2015), 이는 적어도 생후 2개월 이후 영아에서 분명하게 관찰된다. 침으로 분비되는 멜라토닌 농도(salivary melatonin concentration) 역시 생후 한 달 무렵부터 명확하게 일주기가 관찰되며(Ardura 등 2003), 생후 한 달 이전에는 일주기가 명확하게 관찰되지 않는다. 이에 반해 이미 태내에서도 일부 호르몬, 심박동수 등에 있어 일주기 변동을 보이기 시작한다는 보고가 있다(Iwata 등 2013 ; Lunshof 등 1998 ; Seron-Ferre 등 2001).

3. 수면 길이의 변화

다른 많은 수면의 특징과 마찬가지로 생후 1년 이내 영아의 수면시간은 매우 급격하게 변화하며, 나이에 따른 일반적인 변화의 패턴을 알고 있는 것이 질병의 진단 등에 매우 중요하다. 앞서 언급한 대로 영아는 생후 1~2개월 이후부터 하루 일주기 변화가 나타나기 시작하여 점차 주간 수면이 감소하게 된다. 그럼에도 불구하고 영아는 성인보다 전체 수면시간 중 낮잠이 차지하는 비율이 매우 높아, 밤잠의 양상뿐 아니라 낮잠의 길이와 양상을 같이 파악하는 것이 매우 중요하다.

1) 전체 수면시간

출생 직후부터 신생아의 수면시간은 아기 개인에 따라 매우 다양하다(Onigbanjo와 Feigelman 2019). 특히 출생 직후에는 아기가 태내 환경에서 외부 환경으로 빠르게 적응을 하는 시기이므로 호흡 부전이나 선천적인 질병과 그 치료 등으로 인해 정확한 수면시간을 확인하기도 어렵기도 하지만, 건강한 신생아라 하더라도 개인 간 매우 다양한 수면의 길이를 관찰할 수 있다(Bruni 등 2014 ; Iglowstein 등

2003). 생후 약 1주 무렵의 건강한 만삭아는 하루 평균 16.5시간을 자는 것으로 알려져 있다(Iglowstein 등 2003 ; Onigbanjo와 Feigelman 2019). 보호자의 관찰에 따른 연구에 의하면, 생후 1개월 무렵 신생아의 수면시간은 하루 약 14~15 시간이나 98 백분율의 아기는 하루 약 19시간을, 2 백분율의 아기는 하루 9시간을 자는 등 개인 간 편차가 매우 크다. 다만 영아의 나이가 증가함에 따라 이러한 개인간 편차는 점차 줄어들어 생후 12개월 무렵에는, 수면시간의 50 백분율은 약 14시간이나 2 백분율이 11.5시간, 98 백분율이 16.5시간 정도로 관찰된다. 영아의 수면시간을 확인한 다른 연구 역시 생후 3개월에는 765분(표준편차 147.9분), 생후 12개월에는 709.9 분(78.3분)으로 평균적인 전체 수면시간은 영아기에 걸쳐 약간 감소하는 양상이다(Bruni 등 2014). 생후 3~6개월의 아이들은 하루 약 12~15시간을 자며, 역시 나이가 증가하면서 약하게 감소하는 양상이나 통계적 차이는 명확하지 않다(Luijk 등 2019).

미숙아의 수면 시간은 만삭아보다 약간 증가한다. 수정연령 31주의 아기들의 평균 수면시간은 하루 18시간 정도이며, 이는 서서히 감소하여 수정연령 37주 무렵에는 약 15시간까지 감소한다(Ardura 등 1995). 특히 출생 직후에는 미숙아는 하루 약 18시간, 만삭아는 약 15시간 정도이며, 생후 7일, 8일, 27일까지 미숙아의 경우에는 하루 수면시간에 큰 변화가 관찰되지 않으나, 만삭아는 다소 감소하는 양상을 보인다.

신생아는 나이와 재태연령 뿐 아니라 자세에 따라서도 수면의 양상이 변화한다. 수정연령 36주 신생아에서 반드시 누워 잘 때 비 렘수면(quiet sleep, QS)이 감소하고, 60초 이상의 각성이 더 많이 관찰되며, 심박동수 변동 역시 더 많이 관찰되었다(Goto 등 1999). 엎드려 자는 신생아는 더 길게 자고, 중추성 무호흡도 증가하지만, 폐쇄성 무호흡은 감소하고, 각성 역시 감소한다.

2) 수면의 주기

영아의 수면 주기(ultradian rhythm) 역시 짧은 점도 특징이다. 출생 후부터 수면의 주기(cycle)는 점차 길어지는 양상이며, 대개 생후 5~6개월 경 비 렘수면과 렘수면(꿈수면 : active sleep, AS)으로 구성되는 주기는 약 30~50분 정도이며, 생후 1년 무렵까지 점차 증가하는 양상을 보인다(Scher 2017). 재태연령 23~29주의 미숙아의 뇌파로 판단한 변동(cyclicality)의 주기는 각성 시기를 포함하게 되는 경우가 많은데 역시 약 68 ± 19 분(범위 37~100분)의 주기를 보인다(Scher 등 2005). 이후 만 2세, 3세, 5세에 걸쳐 수면의 주기는 서서히 길어진다(Lopp 등 2017). 이는 성인의 90~110분에 비해 매우 짧은 시간이다(Merica와 Gaillard 1986 ;

Winnebeck 등 2018).

3) 야간 수면과 주간 수면

영아와 신생아는 다른 연령에 비해 주간수면(낮잠)의 비율이 전체 수면에서 현저히 높은 편이나, 여전히 수면의 많은 부분은 야간 수면이다(Louis 등 1997). 신생아 시기에는 아직 낮과 밤의 구분이 명확하지 않아 야간 수면과 낮잠의 차이가 불분명하여 낮잠시간과 야간 수면의 총량은 근소한 편이며 일부 연구에서 야간 수면의 비율이 조금 높다(Onigbanjo와 Feigelman 2019). 하지만 생후 1개월 무렵 야간 수면은 약 8시간 정도이며(9~13시간) 이는 급속하게 증가하여 12개월 무렵에는 12시간에 육박한다(Bruni 등 2014 ; Iglowstein 등 2003). 생후 1개월에는 하루 5.5시간의 낮잠이 관찰되나, 6개월 무렵 3.5시간, 12개월 무렵에는 2.3시간 정도 관찰된다. 한 주기의 낮잠 시간은 1~3시간 이내인 경우가 많으며, 역연령이 증가함에 따라 그 횟수가 점차 감소한다(Onigbanjo와 Feigelman 2019).

신생아는 수면의 주기(ultradian rhythm)가 짧은 것에 더해, 잦은 각성을 보이는데, 1~4회의 수면의 주기 후 새로운 주기를 시작하기 전에 수유 혹은 보챌 등으로 인해 보호자에게 흔하게 각성이 관찰된다. 건강한 성인에서 하루 6~9시간가량 야간 수면을 이루고, 그사이 기억을 하지 못하는 잠시의 각성이 반복되는 것과는 매우 큰 차이를 보인다. 수유 혹은 배고픔은 수면의 유지를 방해하는 강력한 인자로서(Lohr와 Siegmund 1999), 영아가 성장하면서 위의 용량이 커지고, 많은 양을 먹을 수 있게 되면서부터 각성의 간격이 벌어지는 것으로 보인다. 모유수유아에 비해 분유수유아가 수면의 주기가 조금 더 긴 것으로 알려져 있고(분유수유아 2~5시간, 모유수유아 1~3시간), 이는 공복감이 각성의 중요한 원인일 수 있음을 시사한다(Onigbanjo와 Feigelman 2019). 이러한 수면의 유지 시간의 증가는 수면 생후 1개월 무렵부터 수면이 길어지게 되어 생후 1개월 무렵에는 가장 길게 유지하는 수면이 약 3.0~4.5시간, 생후 2개월 무렵에는 평균 4.1~6.2시간 정도로 급격하게 증가한다(Henderson 등 2011). 이후 생후 3개월 무렵 6.4~6.0 시간으로 급격히 증가한 이후 이러한 증가가 더더지기 시작하여 생후 3~12개월 사이에는 5~6시간으로 비교적 일정한 수준을 유지한다.

통잠(수면의 공고화, sleep through the night)은 일반적으로 세 가지 측면에서 확인하는데, 1) 야간동안 일정 시간 이상 유지되는 수면, 2) 수면 중 깨더라도 스스로 잠이 드는 능력(self-soothing), 3) 다른 가족들이 자는 동안 이러한 수면을 유지하는 능력이다. 통잠을 자는 능력은 생후 1개월 무렵부터 시작하여, 생후 5~6개월까지 급속하게 발달한다

(Anders 등 1992 ; Henderson 등 2011 ; Henderson 등 2010). 앞서 언급했듯, 출생 이후 수면의 길이가 점차 길어져 생후 1개월 무렵부터 3개월 무렵까지 급속히 증가하다가 생후 3개월 무렵부터 이러한 증가가 더뎠기 시작하여 생후 3~12개월 사이에는 비교적 일정한 수준을 유지한다. 생후 3개월 무렵 전체 영아의 58%가 자정부터 새벽 다섯 시 무렵까지 깨지 않고 수면을 유지한다. 수면 중 깨더라도 스스로 잠이 드는 것에 대해서도 역시 생후 4개월 무렵까지 급격하게 증가하는데 이에 따라 생후 4개월 무렵에는 7.06~11.36시간 동안 수면을 이루는 것으로 보이고, 전체 4개월 영아의 58%가 야간 동안 8시간 이상 수면을 이룬다. 마지막으로 다른 가족이 수면 중 지속적인 수면을 유지하는 통잠을 이루는 영아의 비율은 생후 6개월까지 급격히 증가하고, 이후 돌 무렵까지 서서히 증가하여 생후 5개월에는 53%의 아기가 밤 10시부터 아침 6시까지 쉼 자며, 돌 무렵에는 72%의 아기가 쉼 잔다.

4. 영아 수면 구조

성인과 큰 차이를 보이는 영아의 또다른 수면 특징은 뇌파의 특징적인 변화, 불완전하게 확립된 수면 단계(staging), 및 렘수면과 비 렘수면 양의 나이에 따른 급격한 변화이다.

1) 뇌파의 변화

영아기 동안 아기의 뇌파는 급격한 변화를 보인다. 일반적으로 성인에서 나타나지 않는 배경파의 패턴이 나타나기도 하고, 또한 성인에서 흔하게 관찰되는 특징적인 파형은 관찰되지 않기도 한다. 영아 뇌파의 배경파는 성인이나 소아에 비해 배경파의 진폭이 크고, 느린 특징이 있다. 신생아와 미숙아의 배경파는 특징적인 양상에 따라 trace alternant, high voltage slow, mixed, low voltage irregular 등이 관찰되며, 재태연령 30주 미만에서는 trace discontinue 역시 관찰된다(Libenson 2012 ; Pillay 등 2018 ; Wulbrand 등 2008). Trace alternant는 50~150 μV 이상의 큰 파형이 1~3 Hz 정도로 나타났다가(Grigg-Damberger 2016 ; Libenson 2012), 작은 진폭의 25~50 μV 의 파형이 4~7 Hz로 나타나는 양상이 교대로 반복적으로 나타나며 신생아의 비 렘수면에서 흔하게 나타난다. High voltage slow (HVS) 패턴은 양쪽 반구가 대칭적으로 100~150 μV 의 느린 파형이 전반적으로 혹은 후두엽이나 중심엽에 주로 나타난다. Low voltage irregular 패턴은 비교적 작은 진폭의 빠른 파형이 지속해서 나타나며, HVS와 함께 주로 렘수면에서 나타난다. 이러한 특징적인 신생아의 뇌파에 비해 생후 2개월 이상의 영아에서는 성인과 비슷한 배경파가 관찰되는 편이나

성인보다 매우 느리다. 후두부의 우세 리듬(posterior dominant rhythm)이 3~5개월에 명확하게 관찰되기 시작하며, 성인보다 비교적 불규칙하며, 진폭은 약 50~100 μV 로 관찰된다. 성인 9~11.5 Hz에 비해 느린 5~6 Hz (5~6개월)에서 7 Hz (12개월) 정도로 관찰되기 때문에 2개월 이상의 영아에서 비 렘수면 중 깊은 수면(N3)을 구분할 때에는 주의가 필요하다.

생후 2개월 이내의 영아에서, 성인의 비 렘수면 중 흔하게 관찰되는 대표적인 파형인 두정부 예파(vertex sharp)이나 수면 방추, K 복합체 등은 잘 나타나지 않으며, 수면 방추는 교정 연령 2개월 이상부터 관찰된다(Grigg-Damberger 2016). K 복합체는 5~6개월부터 전두엽 쪽에 중점적으로 나타나며, 두정부 예파는 생후 6개월 무렵에는 정수리 부근에서 많이 나타난다. 또한 수면 방추는 영아의 나이에 따라 다르게 나타나는데, 어릴수록 두뇌의 앞쪽보다는 중간에서 더 잘 나타나고, 양 반구에서 수면 방추의 동시성은 생후 24개월 이상에서 관찰된다(Scher 2017). 따라서 이와 같은 특징으로 생후 2개월 이하 영아에서는 일반적으로 성인에서 사용하는 stage N1, N2, N3의 기준을 사용하기 어렵고, 생후 2개월(수정연령 48주)보다 어린 영아는, 비 렘수면의 단계를 나누지 않는다(Berry 등 2020).

2) 불완전하게 확립된 수면 단계

영아의 수면 구조는 성인보다 공고하지 않다는 점 역시 매우 특징적이다. 이는 AASM scoring manual에 따르면(Berry 등 2020 ; Grigg-Damberger 2016), 성인에서 일반적으로 나타나는 특정 단계의 수면에서 나타날 수 있는 특징들이, 영아에서는 다른 수면 단계에서도 관찰되는 경우가 많다. 특히 이러한 특징은 생후 2개월 이하의 영아에서 두드러지며, 이로 인해 다른 나이와 다른 staging 기준을 가지고 있다. 따라서 생후 2개월 이내의 영아에서의 수면다원검사서 수면을 세 가지 단계(scoring)로 나누며, 각성(stage W), 비 렘수면(stage N), 렘수면(stage R), 이행기(stage T)로 나눈다. 특징적으로 뇌파 패턴, 눈의 움직임, 턱의 근 긴장도, 호흡(Isler 등 2016), 비디오 상에 나타나는 행동 등 다섯 가지 영역으로 나누는데, 기준을 완전히 충족하지 않더라도 각각의 수면으로 분류할 수 있으며, 3개의 비 렘수면 조건과 2개의 렘수면 조건 혹은 2개의 비 렘수면 조건과 3개의 렘수면 조건 항목이 충족된다면 이행기로 분류한다.

3) 렘수면의 증가

영아 수면의 또 다른 특징 중 하나는 렘수면의 비율이 매우 높다는 점이다. 학동기 이상 소아의 경우 정상적인 수면에서

렘수면이 약 20% 이상이나, 신생아는 수면의 절반가량이 렘수면이다(Ficca 등 2000 ; Isler 등 2016 ; Stern 등 1969). 연구자에 따라 출생 시 30~60% 정도인 비 렘수면(quiet sleep)은 생후 1년간에 걸쳐 점차 증가하여 돌 무렵에는 약 80%까지 증가하게 된다(Louis 등 1997 ; Peirano 등 2003 ; Stern 등 1969). 미숙아의 경우 재태연령 30주에서 35주 무렵까지는 렘수면(active sleep)이 절반 이상이며, 비 렘수면은 약 20% 정도이다(Pillay 등 2018 ; Stern 등 1969). 렘수면에서 호흡의 패턴이 불규칙적이고 매우 얇은 점을 고려한다면, 신생아의 수면 시 불안정한 호흡이 증가하는 것을 쉽게 유추할 수 있겠다. 렘수면의 양뿐 아니라, 수면의 시작(입면) 역시 성인과 다르게 신생아에서는 렘수면으로 시작하며(Grigg-Damberger 2016), 이러한 특징은 보호자들이 신생아의 수면시간을 적게 측정하는 원인이 되기도 한다. 또 다른 특징은 신생아의 렘수면 시 근 긴장도의 억제가 완전하지 않아, 여러 불수의적인 움직임이 나타나는데, 이러한 특징으로 인해 보호자는 환자의 수면을 더 적다고 느끼거나 혹은 경련 등으로 오인하기도 한다.

5. 호흡

신생아의 호흡은 성인과 매우 다른 양상을 보이는데, 수면 시에 더욱 큰 영향을 미치게 된다. 돌 이전에 영아에서는 상기도의 해부학적 차이, 폐의 기계적-해부학적 차이, 그리고 호흡조절 중추신경의 차이로(Troxler와 Harding 2016 ; Go 등 2020 ; Choi 2020), 나이에 따라 수면 중 호흡에서 매우 다양한 변화를 보인다(Tal 2016).

1) 상기도

영아의 기도는 성인보다 매우 좁아서 폐쇄성 수면 무호흡 혹은 폐쇄성 수면 저호흡이 쉽게 또 자주 일어난다. 상기도 내부 지름이 좁고, 후두개가 상대적으로 크며, 후두의 연골이 충분히 발달하지 않아 흡기 시에 형태를 유지하지 못하고 협착이 자주 일어난다(Go 등 2020 ; 최종환 2020). 영아에서는 나이가 어릴수록 비강 내 지름이 좁으며(Contencin 등 1999 ; Likus 등 2014), 성문 위치의 기도 직경 역시 나이가 어릴수록 매우 작고(Wani 등 2016), 주 기관지의 지름 역시 나이가 어릴수록 매우 작아 기관지의 안 지름이 성인의 1/3밖에 되지 않는다(Wani 등 2020 ; Go 등 2020 ; Choi 2020). 여러 원인으로 좁은 상기도 내경으로 기도 저항이 급격히 증가하여, 사소한 폐쇄에 의해서도 심한 저항이 발생 할 수 있다. 이러한 영아의 상기도의 해부학적 특성은 폐쇄성 수면 무호흡과 저호흡을 일으키기 쉬운 요소이지만(Arens와 Marcus 2004), 영아나 소아의 높은 근신경 긴장도로 인해, 폐쇄에 대한 해

부화적인 요소를 일부 상쇄하여, 실제 폐쇄성 수면 무호흡은 성인보다 적게 관찰된다. 특히 어린이나 성인에 비해 수면 중 상기도 폐쇄에 대한 저항력이 큰 것으로 알려져 있으며, 이는 음압에 대한 효과적인 근신경의 반응에 의한 것으로 보인다(Marcus 등 2004). 또한, 자세에 따라서 폐쇄가 일어나는 정도의 차이가 관찰되는데, 영아의 목의 자세에 따른 상기도 개방성을 측정된 검사에서 목의 굴곡으로 기도의 폐쇄가 더 잘 나타나고, 목의 신전 시 폐쇄는 줄어든다(Wilson 등 1980). 따라서 영아에서 수면 시 호흡곤란이 있는 경우 수면 중 목의 신전을 임상에서 흔히 관찰할 수 있다.

2) 흉곽과 폐

호흡의 버팀목이 되는 영아의 흉곽은 늑골의 많은 부분이 연골로 구성되어 있고, 횡격막은 작고 편평하며 제1형 근육량이 적어 쉽게 피로해지는 등 호흡에 불리하게 작용한다(Sarnaik 등 2015). 허파파리 역시 매우 작아 쉽게 찌부러지기도 한다. 이러한 흉곽의 높은 유순도로 인해 렘수면에서는 기능적 잔류 용량(functional residual capacity, FRC)이 감소하고 흡기 시 흉곽 및 함몰이 증가한다(Henderson-Smart와 Read 1979 ; Knill 등 1976). 특히 흡기 시 역설적 흉곽 운동(paradoxical inward rib cage motion)이 나타나는데, 높은 폐 유순도로 인해 복부와 흉곽의 움직임이 반대로 나타나는 증상이다. 이는 미숙아 뿐만 아니라 정상 신생아에서도 나타날 수 있으며, 이는 상기도 폐쇄와 무관하게 나타날 수 있다. 폐 용적 역시 어릴수록 많이 감소하는데 신생아에서의 일회 호흡량(tidal volume)은 약 22~43 mL이며, 기능잔기용량(functional residual capacity, FRC)은 70~134 mL 정도이다(Fuchs, Latzin 2011). 학동기 나이의 FRC는 약 1.8 L로서, 신생아의 일회 호흡량이 학동기 아동의 5%에도 못 미치는 것을 알 수 있다(Anagnostopoulou 등 2020).

작은 일회 호흡량으로 인해 분당 호흡수는 매우 증가하게 되는데, 성인은 분당 호흡수가 수면 시 16, 각성 시 20회 정도인 데 반하여, 재태주수 37주 이상 신생아의 경우는 호흡과 관련된 특이 병이 없는 정상 호흡이면 분당 40회 이상으로 나타난다(Fleming 등 2011). 건강한 영아라면 생후 12개월 무렵에는 분당 20~60회까지 나타날 수 있으며 중위값은 분당 35회 이상이다. 출생 직후 1시간에는 분당 60회(20~100회), 출생 2~6시간 후에는 분당 50회(20~80회), 생후 6시간 이후에는 분당 30~40회(20~60회)로 관찰된다. 만 1세에서 2세 사이 유아에서 수면 중 분당 호흡수는 평균 22.3회이고 따라서 평균 2회 호흡수의 길이는 약 5.4초 정도이다(Scholle 등 2011).

3) 호흡조절 증추

영아의 호흡조절 역시 성인과 매우 다른 차이가 있다. 성인의 주요한 증추 화학 수용체는 PaCO_2 에 주로 반응하고, PaO_2 는 주로 말초에서 감지하며, 저 산소증과 고탄산혈증 모두 호흡을 증가시킨다. 산소 분율의 감소에 대해 정성 성인은 처음에는 아무런 반응을 일으키지 않다가 60 mm Hg 이하 일 때부터 갑작스러운 호흡수 증가를 일으킨다. 이에 반해 고탄산혈증이 있을 때에는 서서히 호흡수가 증가하며, 이산화탄소가 일정 이하로 떨어지면 호흡수는 감소하게 된다. 수면 중 저산소증과 고탄산혈증에 대한 반응이 줄어든다(Avidan과 Barkoukis 2011). 증추 화학 수용체는 PaCO_2 증가에 반응하여 성인은 10~20배까지 환기가 증가하지만, 신생아는 약 3~4배의 증가 정도를 보인다. 저산소혈증에 대해서는, 성인은 지속적으로 환기가 증가하나, 신생아는 초기의 환기 증가에 뒤따라 환기가 지속해서 저하되는 이상성을 보인다(Miller와 Behrle 1954 ; Sarnaik 등 2015 ; Go 등 2020 ; Choi 2020). 또한 신생아에서는 PCO_2 증가와 PO_2 감소를 잘 감지하지 못하지만, 생후 8주 이후부터 PCO_2 감소를 잘 감지하여 호흡수가 증가한다(Sovik과 Lossius 2004).

각성 역시 수면 중 호흡에 있어 중요한 요소이며, 일부 신생아에서 각성을 위한 임계점에 차이가 있다. 신생아 무호흡증이 있는 영아의 PCO_2 에 대한 각성 임계점이 다른 정상적인 아기들에 비해 더 높았다(van der Hal 등 1985). PaO_2 의 감소 역시 신생아에서 각성을 일으키나 그 정도는 PaCO_2 증가보다 매우 약하지만, 주기성 호흡을 일으키기도 한다(Milerad 등 1989). 수면 중 각성과 그로 인한 놀람 반사에서 상당수의 영아에서 목의 신전과 인두 확장 근육의 수축이 나타나 기도의 개방성이 호전되는 것을 확인하였다(Wulbrand 등 2008).

결 론

신생아를 비롯한 영아의 수면은 성인과 매우 다른 특징을 가지고 있어, 시기에 따라 다양하게 변화하기에, 그 변화를 이해하는 것이 필수적이다.

출생 직후에 두드러지지 않았던 낮과 밤의 차이는 생후 1~2달 이내에 구분이 생기기 시작하며, 이는 빛과 같은 하루 주기의 외부 자극에 의한 것으로 보인다. 수면 시간은 출생 후부터 돌까지 하루 평균 수면시간은 큰 차이를 관찰할 수 없으나, 출생 직후에는 개인에 따른 편차가 크지만, 돌 무렵에는 그 차이가 작아지며, 낮잠이 점차 감소하고, 야간 수면은 점차 증가한다. 수면의 주기는 성인보다 짧아 약 60분 정도이며, 많은 영아가 생후 4개월 무렵부터 밤새 깨지 않

고 잔다. 렘수면의 비율이 신생아의 경우 전체 수면의 절반 정도이며, 수면의 시작을 렘수면으로 시작한다. 성인에서 관찰되는 수면 뇌파는 생후 약 2개월 무렵 수면반추가, 생후 약 5~6개월 무렵 K 복합체 등이 나타나며, 나이에 따라 점차 배경파가 빨라진다. 영아는 상기도가 좁고 흉곽과 폐가 작으며, 흉곽의 높은 유순도로 인해 폐쇄성 수면장애를 일으키기 쉬우나, 이에 반해 높은 근긴장도와 반사 반응 등이 이를 일부 상쇄한다. 신생아의 호흡조절 증추는 아직 발달이 완전하지 않아 저산소혈증이나 과탄산혈증에 효율적으로 반응하지 못한다.

아직 신생아와 영아의 수면은 완전히 밝혀지지 않은 면도 많다. 급성 영아 사망 증후군이나 영아 산통과 같이 수면과 연관되어 있으리라 추정만 할 뿐 병인을 밝히지 못한 병들도 많으며(Goldwater 2011 ; Hjerm 등 2020), 선천성 증추성 저환기증이나(Congenital Central Hypoventilation Syndrome)과 같이 아직 치료가 완전하지 않은 질환도 있다(Weese-Mayer 등 2010). 또한 흔하게 나타나는 수면장애의 발달에 따른 예후에 대한 연구 역시 많지 않다(Tham 등 2017). 따라서 아직은 영아의 수면에 관해 많은 연구가 필요하다.

이와 같이 신생아는 출생 이후 밤낮의 차이가 생기고, 낮잠이 줄어들며, 렘수면이 비율은 점차 감소한다. 뇌파는 나이에 따라 특징적으로 변화하며, 수면은 점차 공고해진다. 다른 몸의 성장과 마찬가지로 상기도와 흉곽이 점차 커지고, 호흡조절 증추 역시 발달하게 된다. 이렇게 다양한 방면의 발달로 수면의 양상은 점차 변화하며, 이때 시기에 따른 다양한 수면 장애가 나타날 수 있다. 영아의 수면에 대한 나이에 따른 이해는 병인론을 이해하는 데 도움을 줄 뿐 아니라, 병의 진단에도 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

중심 단어 : 기도 개방성 · 생물학적 사이클 전환 · 수면 · 영아 · 하루이내.

REFERENCES

- 고영울, 김규인, 김진택, 김창휘, 김현희, 박준수 등. 호흡기질환. 안효섭. *홍창의 소아과학*(12판): 미래엔;2020. p.680-789.
- 김기수, 김병일, 김애란, 김행미, 남궁란, 박문성 등. 신생아질환. 안효섭. *홍창의 소아과학*(12판): 미래엔;2020. p.246-371.
- 성인경. 성장과 발달. 안효섭. *홍창의 소아과학*(12판): 미래엔;2020. p.10-37.
- 최중환. 서론. 안효섭. *홍창의 소아과학*(12판): 미래엔;2020. p.2-9.
- Anagnostopoulou P, Latzin P, Jensen R, Stahl M, Harper A, Yammine S, et al. Normative data for multiple breath washout outcomes in school-aged caucasian children. *Eur Respir J* 2020; 55:1901302.
- Anders TF, Halpern LF, Hua J. Sleeping through the night: A developmental perspective. *Pediatrics* 1992;90:554-560.
- Ardura J, Andres J, Aldana J, Revilla MA. Development of sleep-

- wakefulness rhythm in premature babies. *Acta Paediatr* 1995; 84:484-489.
- Arduara J, Gutierrez R, Andres J, Agapito T. Emergence and evolution of the circadian rhythm of melatonin in children. *Horm Res* 2003;59:66-72.
- Arens R, Marcus CL. Pathophysiology of upper airway obstruction: A developmental perspective. *Sleep* 2004;27:997-1019.
- Avidan AY, Barkoukis TJ. Review of Sleep Medicine E-book: Elsevier Health Sciences;2011.
- Banks S, Dinges DF. Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *J Clin Sleep Med* 2007;3:519-528.
- Berry R, Brooks R, Gamaldo C. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications, version 2.6. 0. American academy of sleep medicine, Darien, Illinois;2020.
- Bruni O, Baumgartner E, Sette S, Ancona M, Caso G, Di Cosimo ME, et al. Longitudinal study of sleep behavior in normal infants during the first year of life. *J Clin Sleep Med* 2014;10:1119-1127.
- Contencin P, Gumpert L, Sleiman J, Possel L, De Gaudemar I, Adamsbaum C. Nasal fossae dimensions in the neonate and young infant: A computed tomographic scan study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;125:777-781.
- de Weerth C, Zijl RH, Buitelaar JK. Development of cortisol circadian rhythm in infancy. *Early Hum Dev* 2003;73:39-52.
- Engle WA, American Academy of Pediatrics Committee on F, Newborn. Age terminology during the perinatal period. *Pediatrics* 2004;114:1362-1364.
- Ficca G, Fagioli I, Salzarulo P. Sleep organization in the first year of life: Developmental trends in the quiet sleep-paradoxical sleep cycle. *J Sleep Res* 2000;9:1-4.
- Fleming S, Thompson M, Stevens R, Heneghan C, Pluddemann A, Maconochie I, et al. Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: A systematic review of observational studies. *Lancet* 2011;377:1011-1018.
- Fuchs O, Latzin P, Thamrin C, Stern G, Frischknecht P, Singer F, et al. Normative data for lung function and exhaled nitric oxide in unselected healthy infants. *Eur Respir J* 2011;37:1208-1216.
- Goldwater PN. A perspective on SIDS pathogenesis. The hypotheses: Plausibility and evidence. *BMC Med* 2011;9:64.
- Goto K, Mirmiran M, Adams MM, Longford RV, Baldwin RB, Boeddiker MA, et al. More awakenings and heart rate variability during supine sleep in preterm infants. *Pediatrics* 1999;103:603-609.
- Grigg-Damberger MM. The visual scoring of sleep in infants 0 to 2 months of age. *J Clin Sleep Med* 2016;12:429-445.
- Hellbruegge T. The development of circadian rhythms in infants. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 1960;25:311-323.
- Henderson-Smart DJ, Read DJ. Reduced lung volume during behavioral active sleep in the newborn. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1979;46:1081-1085.
- Henderson JM, France KG, Blampied NM. The consolidation of infants' nocturnal sleep across the first year of life. *Sleep Med Rev* 2011;15:211-220.
- Henderson JM, France KG, Owens JL, Blampied NM. Sleeping through the night: The consolidation of self-regulated sleep across the first year of life. *Pediatrics* 2010;126:e1081-1087.
- Hjern A, Lindblom K, Reuter A, Silfverdal SA. A systematic review of prevention and treatment of infantile colic. *Acta Paediatr* 2020; 109:1733-1744.
- Iglowstein I, Jenni OG, Molinari L, Largo RH. Sleep duration from infancy to adolescence: Reference values and generational trends. *Pediatrics* 2003;111:302-307.
- Isler JR, Thai T, Myers MM, Fifer WP. An automated method for coding sleep states in human infants based on respiratory rate variability. *Dev Psychobiol* 2016;58:1108-1115.
- Iwata O, Okamura H, Saito H, Saikusa M, Kanda H, Eshima N, et al. Diurnal cortisol changes in newborn infants suggesting entrainment of peripheral circadian clock in utero and at birth. *J Clin Endocrinol Metab* 2013;98:E25-32.
- Iwata S, Fujita F, Kinoshita M, Unno M, Horinouchi T, Morokuma S, et al. Dependence of nighttime sleep duration in one-month-old infants on alterations in natural and artificial photoperiod. *Sci Rep* 2017;7:44749.
- Knill R, Andrews W, Bryan AC, Bryan MH. Respiratory load compensation in infants. *J Appl Physiol* 1976;40:357-361.
- Libenson MH. The electroencephalogram of the newborn. In: Libenson MH. Practical Approach to Electroencephalography: Elsevier Health Sciences;2012.
- Likus W, Bajor G, Gruszczynska K, Baron J, Markowski J. Nasal region dimensions in children: act study and clinical implications. *Biomed Res Int* 2014;2014:125810.
- Lohr B, Siegmund R. Ultradian and circadian rhythms of sleep-wake and food-intake behavior during early infancy. *Chronobiol Int* 1999;16:129-148.
- Lopp S, Navidi W, Achermann P, LeBourgeois M, Diniz Behn C. Developmental changes in ultradian sleep cycles across early childhood. *J Biol Rhythms* 2017;32:64-74.
- Louis J, Cannard C, Bastuji H, Challamel MJ. Sleep ontogenesis revisited: a longitudinal 24-hour home polygraphic study on 15 normal infants during the first two years of life. *Sleep* 1997;20:323-333.
- Luijk MP, Kocevskaja D, Tham EK, Gaudreau H, Reiss IK, Duijts L, et al. Gestational age at birth and sleep duration in early childhood in three population-based cohorts. *Sleep Medicine: X* 2019;1:100002.
- Lunshof S, Boer K, Wolf H, van Hoffen G, Bayram N, Mirmiran M. Fetal and maternal diurnal rhythms during the third trimester of normal pregnancy: outcomes of computerized analysis of continuous twenty-four-hour fetal heart rate recordings. *Am J Obstet Gynecol* 1998;178:247-254.
- Marcus CL, Fernandes Do Prado LB, Lutz J, Katz ES, Black CA, Galster P, et al. Developmental changes in upper airway dynamics. *J Appl Physiol* (1985) 2004;97:98-108.
- McMillen IC, Kok JS, Adamson TM, Deayton JM, Nowak R. Development of circadian sleep-wake rhythms in preterm and full-term infants. *Pediatr Res* 1991;29:381-384.
- Merica H, Gaillard JM. Internal structure of sleep cycles in a healthy population. *Sleep* 1986;9:502-513.
- Milerad J, Hertzberg T, Wennergren G, Lagercrantz H. Respiratory and arousal responses to hypoxia in apnoeic infants reinvestigated. *Eur J Pediatr* 1989;148:565-570.
- Miller HC, Behrle FC. The effects of hypoxia on the respiration of newborn infants. *Pediatrics* 1954;14:93-103.
- Mindell JA, Moore M. Bedtime problems and night wakings. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC. Principles and Practice of Pediatric Sleep Medicine, 2nd edit: Elsevier;2016. p.105-109.
- Mirmiran M, Baldwin RB, Ariagno RL. Circadian and sleep development in preterm infants occurs independently from the influences of environmental lighting. *Pediatr Res* 2003;53:933-938.
- Nishihara K, Horiuchi S, Eto H, Uchida S. The development of infants' circadian rest-activity rhythm and mothers' rhythm. *Physiol Behav* 2002;77:91-98.
- Onigbanjo MT, Feigelman S. First year. In: Kliegman RM, Geme JS. Nelson textbook of pediatrics: Elsevier Health Sciences; 2019. p.131-137.e131.

- Peirano P, Algarin C, Uauy R. Sleep-wake states and their regulatory mechanisms throughout early human development. *J Pediatr* 2003;143:S70-79.
- Pillay K, Dereymaeker A, Jansen K, Naulaers G, Van Huffel S, De Vos M. Automated eeg sleep staging in the term-age baby using a generative modelling approach. *J Neural Eng* 2018;15:036004.
- Rivkees SA. Developing circadian rhythmicity in infants. *Pediatrics* 2003;112:373-381.
- Sarnaik AP, Heidemann SM, Clark JA. Respiratory pathophysiology and regulation. In: Kliegman RM, Stanton BF, Geme JS, Schor NF. *Nelson Textbook of Pediatrics*: Elsevier Health Sciences; 2015.
- Scher MS. Pediatric neurophysiologic evaluation. In: Swaiman KF, Ashwal S, Ferriero DM, Schor NF, Finkel RS, Gropman AL, Pearl PL, Shevell M. *Swaiman's Pediatric Neurology E-book: Principles and practice*: Elsevier Health Sciences; 2017. p.212-265.
- Scher MS, Johnson MW, Holditch-Davis D. Cyclicity of neonatal sleep behaviors at 25 to 30 weeks' postconceptional age. *Pediatr Res* 2005;57:879-882.
- Scholle S, Wiater A, Scholle HC. Normative values of polysomnographic parameters in childhood and adolescence: cardiorespiratory parameters. *Sleep Med* 2011;12:988-996.
- Seron-Ferre M, Riffò R, Valenzuela GJ, Germain AM. Twenty-four-hour pattern of cortisol in the human fetus at term. *Am J Obstet Gynecol* 2001;184:1278-1283.
- Simons SS, Beijers R, Cillessen AH, de Weerth C. Development of the cortisol circadian rhythm in the light of stress early in life. *Psychoneuroendocrinology* 2015;62:292-300.
- Sovik S, Lossius K. Development of ventilatory response to transient hypercapnia and hypercapnic hypoxia in term infants. *Pediatr Res* 2004;55:302-309.
- Stern E, Parmelee AH, Akiyama Y, Schultz MA, Wenner WH. Sleep cycle characteristics in infants. *Pediatrics* 1969;43:65-70.
- Tal A. Obstructive sleep apnea syndrome: Pathophysiology and clinical characteristics. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC. *Principles and Practice of Pediatric Sleep Medicine*, 2nd edit: Elsevier; 2016. p.215-220.
- Tham EK, Schneider N, Broekman BF. Infant sleep and its relation with cognition and growth: a narrative review. *Nat Sci Sleep* 2017; 9:135-149.
- Thomas KA, Burr RL, Spieker S. Light and maternal influence in the entrainment of activity circadian rhythm in infants 4-12 weeks of age. *Sleep Biol Rhythms* 2016;14:249-255.
- Troxler RB, Harding SM. Principles and practice of pediatric sleep medicine, 2nd edit. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC. *Principles and Practice of Sleep Medicine*: Elsevier; 2016. p.82-90.
- Troxler RB, Harding SM. Respiratory physiology and pathophysiology during sleep. In: Carroll JL, Donnelly DF. *Principles and Practice of Pediatric Sleep Medicine*, 2nd edit: Elsevier; 2016. p.179-194.
- Tsai SY, Barnard KE, Lentz MJ, Thomas KA. Mother-infant activity synchrony as a correlate of the emergence of circadian rhythm. *Biol Res Nurs* 2011;13:80-88.
- Tsai SY, Thomas KA, Lentz MJ, Barnard KE. Light is beneficial for infant circadian entrainment: an actigraphic study. *J Adv Nurs* 2012;68:1738-1747.
- van der Hal AL, Rodriguez AM, Sargent CW, Platzker AC, Keens TG. Hypoxic and hypercapnic arousal responses and prediction of subsequent apnea in apnea of infancy. *Pediatrics* 1985;75:848-854.
- Wani TM, Bissonnette B, Rafiq Malik M, Hayes D Jr, Ramesh AS, Al Sohaibani M, et al. Age-based analysis of pediatric upper airway dimensions using computed tomography imaging. *Pediatric Pulmonol* 2016;51:267-271.
- Wani TM, Simion C, Rehman S, John J, Guruswamy V, Bissonnette B, et al. Mainstem bronchial diameters and dimensions in infants and children: a systematic review of the literature. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2020;7:S1053-0770:30632-30637.
- Weese-Mayer DE, Berry-Kravis EM, Ceccherini I, Keens TG, Loghmanee DA, Trang H, et al. An official ats clinical policy statement: Congenital central hypoventilation syndrome: Genetic basis, diagnosis, and management. *Am J Respir Crit Care Med* 2010;181:626-644.
- Wetmore RF. Tonsils and adenoids. In: Kliegman RM, Geme JS. *Nelson Textbook of Pediatrics*: Elsevier Health Sciences; 2019. p.2198-2202.e2191.
- Wilson SL, Thach BT, Brouillette RT, Abu-Osba YK. Upper airway patency in the human infant: Influence of airway pressure and posture. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1980;48:500-504.
- Winnebeck EC, Fischer D, Leise T, Roenneberg T. Dynamics and ultradian structure of human sleep in real life. *Curr Biol* 2018; 28:49-59 e45.
- Wulbrand H, McNamara F, Thach BT. The role of arousal related brainstem reflexes in causing recovery from upper airway occlusion in infants. *Sleep* 2008;31:833-840.