

소아의 호흡기질환에서 수면다원검사의 적용

윤종서

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 소아청소년과

Indications of polysomnography in children with respiratory diseases

Jong-Seo Yoon

Department of Pediatrics, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

In recent years, the field of sleep medicine for children has been significantly developing. Research has shown that polysomnography plays an important role in the diagnosis and management of children with sleep-related breathing disorders. However, evidence-based parameters have not yet been set. This article presents the current indications of polysomnography in children. Accurate diagnosis and management of children with sleep-related breathing disorders are only possible when their polysomnographic parameters and clinical findings such as medical history and physical examination are combined. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2013;1:111-115)

Keywords: Polysomnography, Respiratory diseases, Child

서 론

수면다원검사(polysomnography)는 소아 및 성인의 호흡 관련 수면장애(sleep related breathing disorder, SRBD)의 진단 및 관리를 위하여 시행되고 있다. 수면다원검사는 비싸고, 시행하는 것에 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다. 그러나, 어떤 질환에서는, 환자의 질환의 진단 및 관리에 있어서 이 검사가 매우 중요한 역할을 하기도 하며, 심지어 이 검사를 대신할 수 있는 검사가 없는 상황도 종종 있다. 그러므로, 소아과 의사와 소아 호흡기 전문 의사들은, 수면다원검사의 장점, 제한점, 그리고 임상적인 유용성을 잘 이해하고 있어야 한다.

연령이 어린 소아 환자는 이 검사를 위한 협조가 되지 않을 수 있다. 그러므로, 소아 환자에서 수면다원검사를 성공적으로 시행하기 위하여는, 보호자가 있는 상태에서 이 검사를 시행하는 것이 좋고, 검사를 시작하기 전에 검사의 방법을 충분히 설명한 후에 시행하는 것이 좋으며, 검사자는 경험과 실력이 있으면서, 동시에 어린 이를 잘 다룰 줄 아는 사람이어야 한다.

본 론

1. 소아의 SRBD에서 수면다원검사의 진단적 적용

소아의 폐쇄성 수면무호흡증후군(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)은 임상적인 소견과 수면다원검사의 소견을 통하여 진단하게 된다. 임상적인 소견, 즉, 증상 및 징후만으로 OSAS 여부를 진단하는 것은 충분한 민감도와 특이도를 가지고 있지 않다. 수면다원검사와 비교해 보았을 때, 병력 청취, 신체 진찰, 오디오 또는 비디오 기록, 표준화된 설문지 등을 통하여 얻어진 임상적인 지표들은 OSAS의 진단에 있어서 일관성이 있는 결과를 제시하고 있지 못하다. 코골이와 다른 야간 증상들도 수면다원검사에서의 호흡에 관한 지표들과 일정한 관련성을 보여주고 있지 못하다.¹⁻⁶⁾

수면다원검사에서의 지표와 소아 환자의 임상적인 소견의 관련성을 따져 보았을 때, 임상적인 소견 중 어느 하나와 비교한 것보다는, 여러 개의 임상적인 증상 및 징후를 합한 것과 수면다원검사의 지표를 비교했을 때 더 좋은 연관성을 보였다.³⁾ 오디오 또는 비디오로 환자의 수면을 녹화하는 검사로부터 얻은 지표와 수면다원검사의 호흡 관련 지표간에도 연관성은 있었다. 그러나, 오디오 및 비디오

오 녹화는 OSAS의 진단을 내리는 것에 있어 충분한 검사가 아니었다.⁷⁾ 소아에서 수면에 관한 설문지를 이용한 연구들이 있었다.^{6,8,9)} 이 연구들에 의하면, 설문지를 이용한 방법은 수면다원검사서 OSAS가 있을 것이라는 것을 예측하는 것에 있어서, 충분한 관련성을 보이지 않거나, 관련성을 보이더라도 낮은 민감도를 보였다. 단지 특이도만 높았다. 결론적으로, 일차성 코골이와 OSAS를 구분하는 것에 있어서는 설문지를 이용한 방법은 충분한 검사가 아니었다.

수면다원검사는 소아에서 OSAS의 존재를 판단하는 것에 있어서, 신뢰할 수 있고 정확한 검사이다. 또한 검사를 반복하였을 때의 재현성도 증명되어 있다.¹⁰⁾ 수면다원검사는 선천성 중추성 저호흡 증후군(congenital central hypoventilation syndrome, CCHS), 흉곽의 이상으로 인한 수면 중 저호흡, 그리고 신경 근육 이상으로 인한 수면 관련 저호흡의 진단에 있어서 필수적인 검사이다.¹¹⁻¹³⁾ 수면다원검사가 영아의 원인불명의 일차성 수면 중 무호흡의 진단에 있어서 필수적일 수 있다. CCHS와 영아의 일차성 수면 중 무호흡은 흔히 신생아 시기부터 증상이 시작된다. 이 시기에 수면다원검사를 하여 진단에 이를 수 있다.

OSAS를 포함한 SRBD의 유병률이 높은 몇몇 질환들이 있다. 이런 경우에는 SRBD가 강력하게 의심되지 않더라도, 기본 검사로 수면다원검사를 하는 것을 고려해 보아야 한다. 소아에서 SRBD의 유병률이 높다고 알려진 경우로는 비만,¹⁴⁻¹⁷⁾ 다운증후군,⁶⁾ Prader-Willi 증후군,¹⁸⁻²³⁾ 신경 근육계 이상 질환,¹¹⁻¹³⁾ Chiari 기형과 수막척수탈출증,^{24,25)} 상기도가 좁아져 있는 머리얼굴의 기형증,²⁶⁾ 그리고 머리얼굴 뼈 발생이상²⁷⁾ 등이 있다. 비만은 SRBD를 가지게 되는 독립적인 위험 인자로 알려져 있다. 게다가, SRBD는 고혈압의 독립적인 위험 인자로 알려져 있다.²⁸⁻³²⁾ 이러한 사실은, 고혈압이 있는 소아에서 SRBD가 있는가를 살펴볼 필요가 있다는 것을 암시하는 것일 수 있다.

그 외에, OSAS가 발병할 수 있는 위험을 가지고 있는 경우는 다음과 같다. 미숙아의 경우에 OSAS의 유병률이 7.3% 라고 보고되었다.³³⁻³⁵⁾ SRBD의 가족력이 있는 경우,³⁶⁾ 그리고 알레르기비염이 있는 경우도³⁷⁾ SRBD가 발병할 수 있는 위험 상황일 수 있다. 이와 같이, SRBD가 발병할 수 있는 위험이 있는 환자에 대하여는, SRBD의 증상 및 징후에 대한 질문을 해 보아야 하고, 그러한 증상 및 징후가 있다면, 수면다원검사를 시행해야 한다.

소아에서 OSAS의 진단을 위하여 수면다원검사가 필요하다는 것을 뒷받침하는 수준 높은 연구 결과들이 있다. 이 연구들에 의하면, 수면다원검사 이외의 다른 임상적인 지표들은, 그 지표 단독으로는 SRBD의 진단에 충분하지 않았다. 수면다원검사는 신경 근육 또는 흉곽의 이상으로 인한 저호흡 환자에서, 그리고 CCHS에서, 그리고 영아의 일차성 무호흡에서 진단을 위해 시행될 수 있다. SRBD를 가지고 있는 소아는 임상적인 평가와 수면다원검사를 통하여 진단을 받아야 한다. 게다가, 위에서 언급한 특정한 상황에서

는 SRBD 유병률이 높다. 이러한 환자들은 SRBD의 증상 및 징후의 존재 여부에 대한 검색을 받아야 하며, 그러한 증상 및 징후가 있다면, 수면다원검사를 받아야 한다.

낮잠(nap) 수면다원검사는 소아의 OSAS의 평가를 위하여 권장되지 않는다. 소아에서 SRBD를 진단하는 것에 있어서, 낮잠 수면다원검사가 야간에 밤새도록 하는 수면다원검사만큼의 신뢰할 만한 검사가 아니라는 것이 알려져 있다.³⁸⁾ 낮잠 수면다원검사의 경우, SRBD의 유병률과 중증도가 저평가될 수 있다는 것도 알려져 있다. 야간 검사와 비교할 때, 낮잠 수면다원검사의 민감도는 69-75%, 그리고 특이도는 60-100% 이다.³⁸⁾

수면다원검사는 apparent life threatening event (ALTE)를 경험하였고, SRBD가 임상적으로 의심스러운 영아에서 시행될 수 있다. ALTE를 경험한 영아 중의 일부에서 수면다원검사상에 미세하고 비특이적이 이상이 있었다는 보고가 있다.³⁹⁾ 그러나, 수면다원검사의 소견을 통하여, ALTE의 재발의 가능성을 예측할 수는 없었다. 영아 돌연사 증후군(sudden infant death syndrome, SIDS)에 관한 연구들의 결과, SIDS의 위험이 있는 소아에서 수면다원검사를 기본 검사로 시행하는 것을 지지할 만한 충분한 근거는 없었다. 단지 ALTE를 경험한 영아는 SRBD가 발생할 위험이 높다는 연구가 있을 뿐이다.⁴⁰⁾ 그렇지만, 이런 소아들은 SRBD의 다른 위험 인자도 가지고 있었는데, 예를 들어, SRBD의 가족력, 안면의 기형 같은 것이 그 예이다. ALTE를 경험한 환자에서, 임상적으로 SRBD가 의심된다면, 수면다원검사의 필요 여부를 신속하게 결정해야 한다.

2. 수술 전 수면다원검사의 적용

수면다원검사는 OSAS의 치료를 목적으로 편도 및 아데노이드 절제술(tonsil and adenoidectomy, T&A)를 고려하고 있는 소아에서 시행될 수 있다. T&A는 소아의 OSAS의 치료를 위하여 흔히 시행되고 있는 치료이다. 그러나, 편도 및 아데노이드 비대증이 있는 환자에서, OSAS의 동반 여부에 대한 진단은, 일반적으로 임상적인 소견만으로 진단을 내리고 있는 것이 현실이다. T&A 전에 수면다원검사를 할 것인가를 결정하기에 앞서서, 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다. 첫째, T&A는 출혈, 감염, 통증 등의 위험이 적은 수술이지만, 수술 및 마취가 가지고 있는 기본적인 위험성을 고려할 때, 반드시 필요한 경우에만 시행되어야 한다. 둘째, 임상적인 지표들만 가지고서 OSAS라고 진단하는 것은 신뢰할 만한 방법이 아니다. 셋째, 어떤 질병(예, 출혈성 경향, 선천성 심장질환)을 동반하고 있는 환자의 경우는 수술로 인한 합병증의 발생의 위험성이 높다. 넷째, OSAS를 가지고 있는 환자들은 수술 후에 호흡 부전과 같은 합병증의 발병의 위험이 있을 수 있다.

소아에서, T&A와 관련된 수술 전후의 호흡기계 합병증의 발병 여부를 평가하는 것에 있어서 수면다원검사의 유용성에 대한 연구가 있었다. 이 연구에 의하면 수면다원검사에서의 OSAS의 중증도

와 수술 후의 호흡기계 합병증 발생의 위험성 간에 관련성이 있었다.⁴¹⁾ 중요한 동반 질환이 없으면서, 수술 전에 시행한 수면다원검사서 이상 소견이 없거나 경하게만 있었던 환자는 수술 후에 합병증이 발생할 가능성이 낮았다.⁴²⁾ 수술 이후에도 OSAS 증상이 남아 있게 될 것인가에 관하여 수면다원검사를 수술 전에 하는 것이 유용한가에 대한 연구들이 있었다.^{43,44)} 수술 전 수면다원검사서, 무호흡 저호흡 지표(apnea hypopnea index, AHI)가 높았던 환자가 수술 후에도 OSAS의 증상이 남아있을 가능성이 높았다.

소아에서 수면다원검사는 SRBD의 진단을 위하여 적용된다. 논리적으로 생각할 때, 만약 OSAS가 T&A를 위한 일차적인 적응증이라면, T&A를 하기 전에 OSAS의 정확한 진단을 위하여 수면다원검사를 시행할 수 있다. 병력과 신체 진찰 만으로는 OSAS를 예측하는 것에 한계가 있다는 것이 알려져 있다. 수술 전에 AHI를 확인해 보는 것은 수술 전후의 환자 관리에 도움이 될 수 있다. 현재로서는 수술 전에 수면다원검사를 기본 검사로 하는 것이, T&A 후에 더 좋은 결과를 갖게 되는 것과 관련이 있는가에 대한 전향적인 연구는 없다. 그러나, 지금까지의 보고들을 통합하여 판단할 때, OSAS의 치료 목적으로 T&A를 한다면, 수술을 하기 전에 수면다원검사를 하는 것은 임상적인 유용성이 있다고 추론할 수 있다.

3. 치료에 대한 반응의 평가를 위한 수면다원검사의 적용

수술 전에 경한 OSAS를 가지고 있었던 환자는 T&A 후에 잔여 증상에 대한 평가를 받아야 한다. 그리고 만약 OSAS의 잔여 증상이 있으면, 수면다원검사를 시행하여야 한다. T&A 후에 잔여 OSAS가 있을 수 있다는 보고가 있다. 비만하지 않은 환자에서 잔여 OSAS가 75%까지 측정이 되었다는 보고가 있다.⁴⁵⁾ 비만 환자와 비만하지 않은 환자가 합쳐진 소아 집단에서, OSAS로 인해 시행한 T&A 후에 잔여 OSAS가 75%였다는 보고가 있었다.⁴⁶⁾ 비록, 많은 환자들에게서, 어느 정도의 잔여 폐쇄를 가지고 있기는 하지만, 대부분의 환자에서는 수술 후에 OSAS의 중증도가 상당히 감소하였다. 비만한 환자를 제외한 연구에 의하면, 수면다원검사상 OSAS의 잔여 증상이 있는 경우가 10-28%였다.⁴³⁾ 잔여 폐쇄 증상이 발생할 수 있다는 점을 고려할 때, 수술 후에도 OSAS의 증상이 있는가를 잘 평가해야 한다. 그리고 그런 증상이 있으면, 수면다원검사를 시행해야 한다. T&A 수술 전에 중등도 이상의 OSAS가 있었거나, 비만, 상기도를 폐쇄하고 있는 머리얼굴의 기형이 있거나, 신경학적인 이상(예, 다운증후군)이 있는 경우에는 잔여 SRBD의 평가를 위하여, T&A 후 수면다원검사를 항상 시행하는 것이 좋다. 수술 전에 AHI가 높았던 경우에,^{43,44)} 비만한 경우에,^{37,43-48)} 상기도를 폐쇄하고 있는 머리얼굴 기형이 있는 경우에⁴⁹⁾ 그리고 수막척수탈출증과 같은 신경학적인 이상을 가지고 있는 경우에⁵⁰⁾ 그리고 다운증후군이 있는 경우에⁵¹⁾ 수술 후 잔여 증상이 있을 확률이 높았다. 반면, 비만도 없고 머리얼굴 기형도 없는 경우에,^{44,52)} 수술 전의 AHI

가 낮았던 경우에,⁴³⁻⁴⁶⁾ 수술 후의 경과가 좋았다. 신경근육질환을 가지고 있는 소아의 경우는 폐쇄성과 중추성 수면무호흡이 뒤섞여 있을 수 있다. 이런 환자들에게서는, T&A 후에 지속양압 기도압력(continuous positive airway pressure, CPAP)나 비 침습적인 양압 환기(non-invasive positive pressure ventilation, NIPPV)가 필요할 수 있다. 이에 대한 평가를 위하여 수면다원검사를 시행할 필요가 있다. 이런 판단은 수면다원검사가 OSAS를 판단하는 것에 있어서 가장 적절한 검사라는 사실에서 비롯된 것이다. 이런 환자 집단은 잔여 SRBD를 가지고 있을 위험이 높고, 임상적인 증상 및 징후 만으로는 이에 대한 정확한 판단을 하기 어렵다.

수면 다원 검사는 OSAS를 가지고 있는 소아의 적절한 양압 기도 압력 결정(positive airway pressure titration, PAP titration)을 위하여 적용될 수 있다. 수면다원검사는 다른 종류의 SRBD를 가지고 있는 소아의 적절한 NIPPV 결정을 위하여 적용될 수 있다. 소아 및 영아에서 적절한 PAP 설정을 하는 것에 있어서, 수면다원검사가 유용하다는 보고가 있었다.^{53,54)} 이러한 적용은 신경계 질환을 가지고 있는 환자와 같이 여러 가지 원인의 SRBD를 가지고 있는 환자에서 더욱 유용하다. SRBD와 신경 근육 이상을 가지고 있는 환자에서, 야간에만 일시적으로 양압환기를 할 때, 적절한 압력을 설정하는 것에 수면다원검사를 적용한 연구들이 있었다.^{55,56)} 이 연구들에 의하면, 이런 용도로 수면다원검사를 활용한 결과, 환자의 호흡 문제에 있어서, 임상적인 그리고 생리학적인 개선을 볼 수 있었다.

장기간 PAP를 받고 있는 소아에서, 소아가 성장 및 발달을 함에 따라 적절한 압력 설정에 변화가 발생하였는가를 보거나, PAP 중에 증상이 발생하지는 않는지, 그리고 부가적인 다른 치료법이 필요하지는 않는지에 대한 판단을 위하여 정기적인 수면다원검사를 하는 것이 좋다. 장기적으로 PAP를 받고 있는 환자에서는, 소아가 성장하거나 발달하면서, 상기 증상이 호전될 수도 있고 악화될 수도 있다는 점을 고려해야 한다. 기존의 보고들에 의하면, PAP의 설정에 변화를 주어야 하는 경우가 66%였다.⁵⁶⁾ 이것은 다른 부가적인 개입이 없어도, 소아가 성장 및 발달을 함에 따라 PAP의 필요 정도에 변화가 생긴다는 것을 의미한다. 얼마나 자주 정기적인 수면다원검사를 할 것인가에 대한 결정은 임상적으로 이루어 져야 한다.

장기간 인공호흡기로 치료를 받고 있는 환자에서 정기적인 수면다원검사는, 인공호흡기의 설정을 적절하게 조정하는 것에 있어서 도움이 될 수 있다. 수면 중에 호흡이 악화되므로, 그리고 깨어 있을 때의 인공호흡기의 설정은 수면 시에는 적절하지 않을 수 있으므로, 수면다원검사는 인공호흡기의 적절한 설정을 결정하는 것에 있어서 유용할 수 있다.

산소 보충이 필요한 모든 환자에서 기본 검사로 수면다원검사가 필요한 것은 아니다. 환기가 잘 되는가를 판단하는 것에 있어서, 수면 중 산소포화도 측정이면 충분하다. 그렇지만, 산소를 공급하고 있어도 빈호흡이 발생하거나, 중추성 무호흡이 발생하거나, 고이산

화탄소 혈증이 발생할 염려가 있다면, 수면다원검사가 유용할 수 있다. 이 문제에 대한 좋은 연구가 발표된 것은 없다.

SRBD로 인하여 기관 절개를 받은 환자들은 기관 절개 튜브의 제거 전의 평가로 수면다원검사를 해 보는 것이 도움이 될 수 있다. 또한 튜브 제거 이후에도 SRBD의 증상의 재발 여부에 대한 평가를 위하여 수면다원검사를 이용할 수 있다.

결론

소아 수면 의학은 복잡하고, 역동적이고, 다학제 간의 협력이 필요한 분야이다. 소아의 수면다원검사에 관한 문헌들이 폭발적으로 증가하고 있다. 측정 방법 및 디지털 분석 방법도 매우 빠르게 변화하고 있다. 소아의 호흡기계 수면질환에 대한 정의 및 소아의 행동 및 인지에서 SRBD가 미치는 영향에 대한 개념도 변하고 있다. 표준화된 수면다원검사는 소아에서의 SRBD의 진단 및 치료에 확실한 임상적인 유용성이 있다. 소아에서의 SRBD의 정확한 진단을 위하여는 수면다원검사의 결과와 다른 임상적인 소견을 신중하게 통합하여 환자의 상태를 판단해야 한다.

REFERENCES

- Chervin RD, Weatherly RA, Ruzicka DL, Burns JW, Giordani BJ, Dillon JE, et al. Subjective sleepiness and polysomnographic correlates in children scheduled for adenotonsillectomy vs other surgical care. *Sleep* 2006;29:495-503.
- Goldbart AD, Krishna J, Li RC, Serpero LD, Gozal D. Inflammatory mediators in exhaled breath condensate of children with obstructive sleep apnea syndrome. *Chest* 2006;130:143-8.
- Xu Z, Cheuk DK, Lee SL. Clinical evaluation in predicting childhood obstructive sleep apnea. *Chest* 2006;130:1765-71.
- Nanaware SK, Gothi D, Joshi JM. Sleep apnea. *Indian J Pediatr* 2006;73:597-601.
- Pavone M, Paglietti MG, Petrone A, Crino A, De Vincentiis GC, Cutrera R. Adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea in children with Prader-Willi syndrome. *Pediatr Pulmonol* 2006;41:74-9.
- Shott SR, Amin R, Chini B, Heubi C, Hotze S, Akers R. Obstructive sleep apnea: should all children with Down syndrome be tested? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2006;132:432-6.
- Jacob SV, Morielli A, Mograss MA, Ducharme FM, Schloss MD, Brouillette RT. Home testing for pediatric obstructive sleep apnea syndrome secondary to adenotonsillar hypertrophy. *Pediatr Pulmonol* 1995;20:241-52.
- Chau KW, Ng DK, Kwok KL, Chow PY, Cheung JM, Leung SY, et al. Application of videotape in the screening of obstructive sleep apnea in children. *Sleep Med* 2008;9:442-5.
- Chervin RD, Weatherly RA, Garetz SL, Ruzicka DL, Giordani BJ, Hodges EK, et al. Pediatric sleep questionnaire: prediction of sleep apnea and outcomes. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;133:216-22.
- Li AM, Wing YK, Cheung A, Chan D, Ho C, Hui S, et al. Is a 2-night polysomnographic study necessary in childhood sleep-related disordered breathing? *Chest* 2004;126:1467-72.
- Quera Salva MA, Blumen M, Jacquette A, Durand MC, Andre S, De Villiers M, et al. Sleep disorders in childhood-onset myotonic dystrophy type 1. *Neuromuscul Disord* 2006;16:564-70.
- Santamaria F, Andreucci MV, Parenti G, Polverino M, Viggiano D, Montella S, et al. Upper airway obstructive disease in mucopolysaccharidoses: polysomnography, computed tomography and nasal endoscopy findings. *J Inher Metab Dis* 2007;30:743-9.
- McGrath-Morrow SA, Sterni L, McGinley B, Lefton-Greif MA, Rosquist K, Lederman H. Polysomnographic values in adolescents with ataxia telangiectasia. *Pediatr Pulmonol* 2008;43:674-9.
- Xu Z, Jiaqing A, Yuchuan L, Shen K. A case-control study of obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome in obese and nonobese chinese children. *Chest* 2008;133:684-9.
- Kohler M, Lushington K, Couper R, Martin J, van den Heuvel C, Pamula Y, et al. Obesity and risk of sleep related upper airway obstruction in Caucasian children. *J Clin Sleep Med* 2008;4:129-36.
- Beebe DW, Lewin D, Zeller M, McCabe M, MacLeod K, Daniels SR, et al. Sleep in overweight adolescents: shorter sleep, poorer sleep quality, sleepiness, and sleep-disordered breathing. *J Pediatr Psychol* 2007;32:69-79.
- McKenzie SA, Bhattacharya A, Sureshkumar R, Joshi B, Franklin A, Pickering R, et al. Which obese children should have a sleep study? *Respir Med* 2008;102:1581-5.
- Lin HY, Lin SP, Lin CC, Tsai LP, Chen MR, Chuang CK, et al. Polysomnographic characteristics in patients with Prader-Willi syndrome. *Pediatr Pulmonol* 2007;42:881-7.
- Festen DA, de Weerd AW, van den Bossche RA, Joosten K, Hoeve H, Hokken-Koelega AC. Sleep-related breathing disorders in prepubertal children with Prader-Willi syndrome and effects of growth hormone treatment. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:4911-5.
- Festen DA, Wevers M, de Weerd AW, van den Bossche RA, Duivenvoorden HJ, Hokken-Koelega AC. Cognition and behavior in pre-pubertal children with Prader-Willi syndrome and associations with sleep-related breathing disorders. *Am J Med Genet A* 2008;146A:3018-25.
- Festen DA, Wevers M, de Weerd AW, van den Bossche RA, Duivenvoorden HJ, Otten BJ, et al. Psychomotor development in infants with Prader-Willi syndrome and associations with sleep-related breathing disorders. *Pediatr Res* 2007;62:221-4.
- Miller J, Silverstein J, Shuster J, Driscoll DJ, Wagner M. Short-term effects of growth hormone on sleep abnormalities in Prader-Willi syndrome. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:413-7.
- Williams K, Scheimann A, Sutton V, Hayslett E, Glaze DG. Sleepiness and sleep disordered breathing in Prader-Willi syndrome: relationship to genotype, growth hormone therapy, and body composition. *J Clin Sleep Med* 2008;4:111-8.
- Murray C, Seton C, Prelog K, Fitzgerald DA. Arnold Chiari type 1 malformation presenting with sleep disordered breathing in well children. *Arch Dis Child* 2006;91:342-3.
- Dauvilliers Y, Stal V, Abril B, Coubes P, Bobin S, Touchon J, et al. Chiari malformation and sleep related breathing disorders. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007;78:1344-8.
- Buchenaus W, Urschitz MS, Sautermeister J, Bacher M, Herberts T, Arand J, et al. A randomized clinical trial of a new orthodontic appliance to improve upper airway obstruction in infants with Pierre Robin sequence. *J Pediatr* 2007;151:145-9.
- Gonsalez SL, Thompson D, Hayward R, Lane R. Breathing patterns in children with craniofacial dysostosis and hindbrain herniation. *Eur Respir J* 1998;11:866-72.
- Bixler EO, Vgontzas AN, Lin HM, Liao D, Calhoun S, Fedok F, et al. Blood pressure associated with sleep-disordered breathing in a popula-

- tion sample of children. *Hypertension* 2008;52:841-6.
29. Redline S, Storfer-Isser A, Rosen CL, Johnson NL, Kirchner HL, Emancipator J, et al. Association between metabolic syndrome and sleep-disordered breathing in adolescents. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;176:401-8.
30. Leung LC, Ng DK, Lau MW, Chan CH, Kwok KL, Chow PY, et al. Twenty-four-hour ambulatory BP in snoring children with obstructive sleep apnea syndrome. *Chest* 2006;130:1009-17.
31. Li AM, Au CT, Sung RY, Ho C, Ng PC, Fok TF, et al. Ambulatory blood pressure in children with obstructive sleep apnoea: a community based study. *Thorax* 2008;63:803-9.
32. Amin R, Somers VK, McConnell K, Willging P, Myer C, Sherman M, et al. Activity-adjusted 24-hour ambulatory blood pressure and cardiac remodeling in children with sleep disordered breathing. *Hypertension* 2008;51:84-91.
33. Hibbs AM, Johnson NL, Rosen CL, Kirchner HL, Martin R, Storfer-Isser A, et al. Prenatal and neonatal risk factors for sleep disordered breathing in school-aged children born preterm. *J Pediatr* 2008;153:176-82.
34. Emancipator JL, Storfer-Isser A, Taylor HG, Rosen CL, Kirchner HL, Johnson NL, et al. Variation of cognition and achievement with sleep-disordered breathing in full-term and preterm children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2006;160:203-10.
35. Paul K, Melichar J, Miletin J, Dittrichova J. Differential diagnosis of apneas in preterm infants. *Eur J Pediatr* 2009;168:195-201.
36. Ovchinsky A, Rao M, Lotwin I, Goldstein NA. The familial aggregation of pediatric obstructive sleep apnea syndrome. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;128:815-8.
37. McColley SA, Carroll JL, Curtis S, Loughlin GM, Sampson HA. High prevalence of allergic sensitization in children with habitual snoring and obstructive sleep apnea. *Chest* 1997;111:170-3.
38. Saeed MM, Keens TG, Stabile MW, Bolokowicz J, Davidson Ward SL. Should children with suspected obstructive sleep apnea syndrome and normal nap sleep studies have overnight sleep studies? *Chest* 2000;118:360-5.
39. Kato I, Franco P, Groswasser J, Scaillet S, Kelmanson I, Togari H, et al. Incomplete arousal processes in infants who were victims of sudden death. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:1298-303.
40. Guillemineault C, Pelayo R, Leger D, Philip P. Apparent life-threatening events, facial dysmorphism and sleep-disordered breathing. *Eur J Pediatr* 2000;159:444-9.
41. Ye J, Liu H, Zhang G, Huang Z, Huang P, Li Y. Postoperative respiratory complications of adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea syndrome in older children: prevalence, risk factors, and impact on clinical outcome. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;38:49-58.
42. Biavati MJ, Manning SC, Phillips DL. Predictive factors for respiratory complications after tonsillectomy and adenoidectomy in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;123:517-21.
43. Mitchell RB. Adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea in children: outcome evaluated by pre- and postoperative polysomnography. *Laryngoscope* 2007;117:1844-54.
44. Amin R, Anthony L, Somers V, Fenchel M, McConnell K, Jefferies J, et al. Growth velocity predicts recurrence of sleep-disordered breathing 1 year after adenotonsillectomy. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:654-9.
45. Apostolidou MT, Alexopoulos EI, Chaidas K, Ntamagka G, Karathanasi A, Apostolidis TI, et al. Obesity and persisting sleep apnea after adenotonsillectomy in Greek children. *Chest* 2008;134:1149-55.
46. Tauman R, Gulliver TE, Krishna J, Montgomery-Downs HE, O'Brien LM, Ivanenko A, et al. Persistence of obstructive sleep apnea syndrome in children after adenotonsillectomy. *J Pediatr* 2006;149:803-8.
47. Shine NP, Lannigan FJ, Coates HL, Wilson A. Adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea in obese children: effects on respiratory parameters and clinical outcome. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2006;132:1123-7.
48. O'Brien LM, Sitha S, Baur LA, Waters KA. Obesity increases the risk for persisting obstructive sleep apnea after treatment in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2006;70:1555-60.
49. Walker P, Whitehead B, Gulliver T. Polysomnographic outcome of adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea in children under 5 years old. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;139:83-6.
50. Kirk VG, Morielli A, Gozal D, Marcus CL, Waters KA, D'Andrea LA, et al. Treatment of sleep-disordered breathing in children with myelomeningocele. *Pediatr Pulmonol* 2000;30:445-52.
51. Wiet GJ, Bower C, Seibert R, Griebel M. Surgical correction of obstructive sleep apnea in the complicated pediatric patient documented by polysomnography. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1997;41:133-43.
52. de la Chaux R, Klemens C, Patscheider M, Reichel O, Dreher A. Tonsillectomy in the treatment of obstructive sleep apnea syndrome in children: polysomnographic results. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008;72:1411-7.
53. Nakra N, Bhargava S, Dzuira J, Caprio S, Bazzi-Asaad A. Sleep-disordered breathing in children with metabolic syndrome: the role of leptin and sympathetic nervous system activity and the effect of continuous positive airway pressure. *Pediatrics* 2008;122:e634-42.
54. Uong EC, Epperson M, Bathon SA, Jeffe DB. Adherence to nasal positive airway pressure therapy among school-aged children and adolescents with obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics*. 2007;120:e1203-11.
55. Young HK, Lowe A, Fitzgerald DA, Seton C, Waters KA, Kenny E, et al. Outcome of noninvasive ventilation in children with neuromuscular disease. *Neurology* 2007;68:198-201.
56. Tan E, Nixon GM, Edwards EA. Sleep studies frequently lead to changes in respiratory support in children. *J Paediatr Child Health* 2007;43:560-3.