

Exploration des voies aériennes supérieures : avancées récentes (1999-2004)

S. H. Launois

Introduction

Depuis la publication du document conjoint de l'*American Thoracic Society* et de l'*European Respiratory Society* sur l'exploration de la fonction des muscles respiratoires, dont la version française est disponible sous la forme d'un cahier électronique de la *Revue des Maladies Respiratoires* (<http://www.splf.org/rmr/accesLibre/MusclesRespiratoiresVF.htm>), l'intérêt des équipes de recherche clinique et expérimentale pour les méthodes d'explorations des voies aériennes supérieures (VAS) n'a pas faibli. En particulier, l'utilisation de ces techniques en pédiatrie afin de mieux caractériser la physiopathologie du collapsus pharyngé dans les troubles respiratoires nocturnes (TRN) de l'enfant [1-6] et la comparaison des résultats obtenus chez l'homme et chez la femme dans l'optique d'expliquer la prévalence masculine des TRN [7-10] ont fait l'objet de nombreuses publications. Les outils décrits dans le document initial sont par ailleurs largement utilisés pour examiner le mécanisme d'action de nouvelles approches thérapeutiques, telles que la stimulation électrique du muscle génioglosse ou du nerf hypoglosse [11-14] ou encore l'administration de molécules sérotoninergiques [15, 16]. Cependant, les applications en pratique clinique n'ont pas été élargies de manière significative par rapport aux conclusions initiales, même si des améliorations techniques ou méthodologiques sont désormais disponibles. Enfin, peu d'outils véritablement nouveaux ont été proposés.

Modifications récentes des techniques d'exploration des voies aériennes supérieures

Électromyographie

Chez le sujet sain, la multiplication des électrodes intramusculaires pour le recueil de l'électromyogramme du génioglosse permet le recueil d'un signal satisfaisant dans un plus

Laboratoire Hypoxie PhysioPathologie, Université Joseph Fourier, Laboratoire du Sommeil, CHU de Grenoble, Grenoble, France.

Tirés à part : S. H. Launois
UFR Médecine Pharmacie, Domaine de la Merci, 38706 La Tronche Cedex.
sandrine.launois-rollinat@ujf-grenoble.fr

Réception version princeps à la Revue : 24.05.2004.
Acceptation définitive : 31.05.2004.

grand nombre de cas qu'avec la technique habituelle qui utilise une seule paire d'électrodes. De plus, la mise en place percutanée des électrodes, ne nécessitant pas d'anesthésie locale, semble aussi performante que la mise en place per-orale [17].

Imagerie par résonance magnétique

L'analyse tridimensionnelle des données d'imagerie par résonance magnétique (IRM) permet une reconstruction satisfaisante des structures pharyngées, par exemple avant et après réduction pondérale chez des patients apnéiques [18]. Une étude récente suggère que les données de l'IRM statique, en raison de son caractère non ionisant et non-invasif, pourraient être utilisées de manière plus large pour contrôler l'efficacité du traitement des TRN par prothèse de propulsion mandibulaire [19]. Seules les contraintes économiques freinent l'utilisation élargie de l'IRM en pratique clinique.

Polysomnographie

En ce qui concerne la polysomnographie, l'utilisation des fluctuations de pression nasale au cours du cycle respiratoire est désormais validée face à la méthode de référence qu'est la mesure du débit aérien par pneumotachographie [20, 21] et largement utilisée en routine dans les laboratoires de sommeil. Un des principaux avantages de cette technique est de permettre le diagnostic de syndrome de haute résistance des VAS et l'identification des épisodes de limitation de débit, sans avoir recours à un pneumotachographe et un cathéter de pression œsophagienne. Chez l'enfant, cette technique non-invasive est particulièrement utile [22]. La pléthysmographie d'inductance a aussi été proposée pour le diagnostic non invasif, mais indirect, des épisodes de limitation de débit [23].

Nouvelles techniques d'exploration des voies aériennes supérieures

Propriétés mécaniques des voies aériennes supérieures

La collapsibilité des voies aériennes supérieures, comme la résistance, n'est qu'en partie liée à l'activité des muscles pharyngés [24]. L'exploration des propriétés mécaniques du conduit pharyngé, particulièrement au cours du sommeil, est cependant indispensable à la compréhension des mécanismes physiopathologiques des troubles respiratoires nocturnes.

Les voies aériennes supérieures peuvent être assimilées une résistance de Starling [25]. Dans ce type de conduit, un débit ne peut être présent que si la pression en amont du segment collabable est supérieure à la pression de fermeture de ce segment, généralement appelée « pression critique », Pcrit. Le calcul de Pcrit nécessite la mesure du débit aérien et d'une pression supraglottique, la pression nasale. Chez le sujet sain, Pcrit est d'environ -15 cm H₂O pendant le sommeil, le pharynx reste donc perméable [25]. En revanche, Pcrit augmente parallèlement à la sévérité des TRN, pour atteindre des valeurs

nulles ou positives chez les sujets apnéiques au cours du sommeil, expliquant l'obstruction pharyngée [26-29]. La mesure de Pcrit au cours du sommeil, souvent accompagnée d'une mesure de la résistance pharyngée, a permis d'avancer vers une meilleure compréhension des mécanismes physiopathologiques des troubles respiratoires nocturnes. D'autres indices de collapsibilité peuvent être étudiés : la résistance pharyngée au cours d'une charge inspiratoire, l'étude des pressions pharyngées en réponse à une pression négative, la relation pression-débit au cours d'une contraction diaphragmatique induite par la stimulation magnétique du nerf phrénique [30-32].

Ces techniques sont prometteuses car elles semblent avoir une valeur prédictive intéressante pour le syndrome d'apnées du sommeil et peuvent être appliquées au sujet éveillé [31, 32]. Cependant, elles restent encore trop contraignantes pour être utilisées systématiquement dans le bilan des TRN.

Polysomnographie

La technique des oscillations forcées mesure l'impédance des voies aériennes et donc, indirectement, la perméabilité des voies aériennes supérieures [33]. Cette technique non invasive peut être utilisée au cours d'une polysomnographie, seule ou en association avec l'enregistrement de la pression nasale [34] et semble particulièrement utile pour guider le traitement des apnées obstructives par pression positive continue [35-37].

Le coût élevé en équipement et personnel qualifié reste l'inconvénient majeur des enregistrements polysomnographiques standard. Or de nombreux appareils portables sont désormais commercialisés, qui, en simplifiant les capteurs utilisés et la lecture des données, permettent de réaliser des enregistrements hors des laboratoires du sommeil, à moindre coût. Cependant, l'analyse systématique de la littérature par des réunions d'experts ne permet pas actuellement de conclure à un niveau de preuve suffisant pour recommander l'utilisation de ces appareils pour le diagnostic des troubles respiratoires nocturnes [38, 39].

Site de l'obstruction pharyngée

La ciné IRM, ou IRM dynamique, est maintenant disponible et permet de détecter de façon non invasive le site d'obstruction pharyngée au cours d'apnées du sommeil spontanées ou au cours de manœuvres de Muller lors de l'éveil [3, 40-42]. Comme pour l'IRM statique, le coût de l'examen limite l'application clinique de la technique.

Étude du réflexe protecteur du pharynx et de la sensibilité pharyngée

Lors de l'inspiration, en réponse à la pression négative pharyngée, l'activité phasique des muscles dilateurs du pharynx augmente, contribuant ainsi au maintien de la perméabilité des voies aériennes supérieures [24, 43-45]. Cette activité réflexe correspond au « réflexe protecteur du pharynx » [46, 47]. Ce réflexe protecteur du pharynx (RPP) est altéré chez les patients apnéiques [48, 49] mais la physiopathologie

exacte de ce phénomène n'est pas clairement établie. Le RPP comprend des récepteurs pharyngés sensibles à la pression (mais aussi, vraisemblablement, au débit aérien, aux variations de résistances, à la taille et à la forme des voies aériennes) qui activeraient une voie ascendante représentée par le nerf laryngé supérieur et le trijumeau. Cette voie ascendante est sous la dépendance de structures corticales et en particulier du stimulus d'éveil : en effet, l'efficacité du réflexe pharyngé est diminuée pendant le sommeil, particulièrement pendant le sommeil paradoxal [50-53]. Enfin, la partie motrice du réflexe est représentée par les noyaux moteurs du nerf hypoglosse et par le nerf hypoglosse qui commandent l'activité du génioglosse, principal muscle dilatateur du pharynx. L'état fonctionnel des récepteurs pharyngés peut être testé en mesurant la sensibilité du pharynx à une stimulation mécanique : pression mécanique sur la muqueuse [54, 55], vibrations [54] ou débit d'air appliqué sur la muqueuse vélopharyngée [56]. Ces tests révèlent que la sensibilité pharyngée est conservée chez les ronfleurs et chez les patients porteurs d'un syndrome de haute résistance des voies aériennes supérieures, alors qu'elle est nettement altérée chez les patients apnéiques [54-56]. Chez ces derniers, le traitement par pression positive continue normalise le résultat des tests [54]. L'utilité diagnostique des tests d'exploration de la sensibilité pharyngée paraît prometteuse, en raison de son caractère non invasif, de sa facilité de mise en place et de sa bonne valeur prédictive positive [56].

Temps de transit du pouls

Une façon indirecte d'estimer les épisodes obstructifs pendant le sommeil est de mesurer le temps de transit du pouls (TTP), c'est-à-dire, par convention, le temps mesuré entre l'onde R et l'onde de pouls au niveau du doigt. Le TTP est influencé par la contraction isométrique du ventricule gauche, elle-même influencée par la pression intra-thoracique [57]. Les variations de TTP ont donc été proposées, puis validées, comme méthode indirecte d'évaluation des efforts respiratoires pendant le sommeil [58, 59]. La mesure du TTP nécessite l'enregistrement de l'électrocardiogramme et de l'onde de pouls grâce à un capteur photopléthysmographique placé au niveau d'un doigt et est donc totalement non invasive. Il s'agit là d'un avantage particulièrement intéressant en pédiatrie [60].

Conclusions

Les explorations fonctionnelles ou morphologiques des VAS sont encore, dans l'ensemble, réservées à l'étude des mécanismes physiopathologiques du collapsus pharyngé et à l'évaluation des innovations thérapeutiques dans les troubles respiratoires nocturnes. Cette situation résulte d'une part, du caractère invasif de la plupart des méthodes, et d'autre part, de la nécessité de recueillir les données au cours du sommeil. L'émergence de techniques contournant ces deux restrictions pourrait permettre d'inclure l'exploration des VAS dans le bilan standard de la pathologie respiratoire du sommeil.

Références

- 1 Don GW, Kirjavainen T, Broome C, Seton C, Waters KA : Site and mechanics of spontaneous, sleep-associated obstructive apnea in infants. *J Appl Physiol* 2000 ; 89 : 2453-62.
- 2 Guilleminault C, Pelayo R, Leger D, Philip P, Ohayon M : Sleep-disordered breathing and upper-airway anomalies in first-degree relatives of ALTE children. *Pediatr Res* 2001 ; 50 : 14-22.
- 3 Donnelly LF, Casper KA, Chen B : Correlation on cine MR imaging of size of adenoid and palatine tonsils with degree of upper airway motion in asymptomatic sedated children. *AJR Am J Roentgenol* 2002 ; 179 : 503-8.
- 4 Rizzi M, Onorato J, Andreoli A, Colombo S, Pecis M, Marchisio P, Morelli M, Principi N, Esposito S, Sergi M : Nasal resistances are useful in identifying children with severe obstructive sleep apnea before polysomnography. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2002 ; 65 : 7-13.
- 5 Katz ES, White DP : Genioglossus activity in children with obstructive sleep apnea during wakefulness and sleep onset. *Am J Respir Crit Care Med* 2003 ; 168 : 664-70.
- 6 Gozal D, Burnside MM : Increased upper airway collapsibility in children with obstructive sleep apnea during wakefulness. *Am J Respir Crit Care Med* 2004 ; 169 : 163-7.
- 7 Rowley JA, Zhou X, Vergine I, Shkroukani MA, Badr MS : Influence of gender on upper airway mechanics: upper airway resistance and Pcrit. *J Appl Physiol* 2001 ; 91 : 2248-54.
- 8 Thurnheer R, Wraith PK, Douglas NJ : Influence of age and gender on upper airway resistance in NREM and REM sleep. *J Appl Physiol* 2001 ; 90 : 981-8.
- 9 Malhotra A, Huang Y, Fogel RB, Pillar G, Edwards JK, Kikinis R, Loring SH, White DP : The male predisposition to pharyngeal collapse: importance of airway length. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 ; 166 : 1388-95.
- 10 Rowley JA, Sanders CS, Zahn BR, Badr MS : Gender differences in upper airway compliance during NREM sleep: role of neck circumference. *J Appl Physiol* 2002 ; 92 : 2535-41.
- 11 Isono S, Tanaka A, Nishino T : Effects of tongue electrical stimulation on pharyngeal mechanics in anaesthetized patients with obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J* 1999 ; 14 : 1258-65.
- 12 Oliven A, Schnall RP, Pillar G, Gavriely N, Odeh M : Sublingual electrical stimulation of the tongue during wakefulness and sleep. *Respir Physiol* 2001 ; 127 : 217-6.
- 13 Mann EA, Burnett T, Cornell S, Ludlow CL : The effect of neuromuscular stimulation of the genioglossus on the hypopharyngeal airway. *Laryngoscope* 2002 ; 112 : 351-6.
- 14 Eisele DW, Schwartz AR, Smith PL : Tongue neuromuscular and direct hypoglossal nerve stimulation for obstructive sleep apnea. *Otolaryngol Clin North Am* 2003 ; 36 : 501-10.
- 15 Berry RB, Yamaura EM, Gill K, Reist C : Acute effects of paroxetine on genioglossus activity in obstructive sleep apnea. *Sleep* 1999 ; 22 : 1087-92.
- 16 Sunderram J, Parisi RA, Strobel RJ : Serotonergic stimulation of the genioglossus and the response to nasal continuous positive airway pressure. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 162 : 925-9.
- 17 Eastwood PR, Allison GT, Shepherd KL, Szollosi I, Hillman DR : Heterogeneous activity of the human genioglossus muscle assessed by multiple bipolar fine-wire electrodes. *J Appl Physiol* 2003 ; 94 : 1849-58.
- 18 Welch KC, Foster GD, Ritter CT, Wadden TA, Arens R, Maislin G, Schwab RJ : A novel volumetric magnetic resonance imaging paradigm to study upper airway anatomy. *Sleep* 2002 ; 25 : 532-42.

- 19 Sanner BM, Heise M, Knoblen B, Machnick M, Laufer U, Kikuth R, Zidek W, Hellmich B : MRI of the pharynx and treatment efficacy of a mandibular advancement device in obstructive sleep apnoea syndrome. *Eur Respir J* 2002 ; 20 : 143-50.
- 20 Thurnheer R, Xie X, Bloch KE : Accuracy of nasal cannula pressure recordings for assessment of ventilation during sleep. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 : 1914-9.
- 21 Heitman SJ, Atkar RS, Hajduk EA, Wanner RA, Flemons WW : Validation of nasal pressure for the identification of apneas/hypopneas during sleep. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 ; 166 : 386-91.
- 22 Serebrisky D, Cordero R, Mandeli J, Kattan M, Lamm C : Assessment of inspiratory flow limitation in children with sleep-disordered breathing by a nasal cannula pressure transducer system. *Pediatr Pulmonol* 2002 ; 33 : 380-7.
- 23 Loube DI, Andrada T, Howard RS : Accuracy of respiratory inductive plethysmography for the diagnosis of upper airway resistance syndrome. *Chest* 1999 ; 115 : 1333-7.
- 24 Horner RL, Guz A : Some factors affecting the maintenance of upper airway patency in man. *Respir Med* 1991 ; 85 : 27-30.
- 25 Schwartz AR, Smith PL, Wise RA, Gold AR, Permutt S : Induction of upper airway occlusion in sleeping individuals with subatmospheric nasal pressure. *J Appl Physiol* 1988 ; 64 : 535-42.
- 26 Gleadhill IC, Schwartz AR, Schubert N, Wise RA, Permutt S, Smith PL : Upper airway collapsibility in snorers and in patients with obstructive hypopnea and apnea. *Am Rev Respir Dis* 1991 ; 143 : 1300-3.
- 27 Marcus CL, McColley SA, Carroll JL, Loughlin GM, Smith PL, Schwartz A. R : Upper airway collapsibility in children with obstructive sleep apnea syndrome. *J Appl Physiol* 1994 ; 77 : 918-24.
- 28 Sforza E, Petiau C, Weiss T, Thibault A, Krieger J : Pharyngeal critical pressure in patients with obstructive sleep apnea syndrome. Clinical implications. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 ; 159 : 149-57.
- 29 Gold AR, Marcus CL, Dipalo F, Gold MS : Upper airway collapsibility during sleep in upper airway resistance syndrome. *Chest* 2002 ; 121 : 1531-40.
- 30 Series F, Straus C, Demoule A, Attali V, Arnulf I, Derenne JP, Similowski T : Assessment of upper airway dynamics in awake patients with sleep apnea using phrenic nerve stimulation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 162 : 795-800.
- 31 Malhotra A, Pillar G, Fogel R, Beauregard J, Edwards J, White DP : Upper-airway collapsibility: measurements and sleep effects. *Chest* 2001 ; 120 : 156-61.
- 32 Verin E, Similowski T, Teixeira A, Series F : Discriminative power of phrenic twitch-induced dynamic response for diagnosis of sleep apnea during wakefulness. *J Appl Physiol* 2003 ; 94 : 31-7.
- 33 Morrell MJ, Badr MS, Harms CA, Dempsey JA : The assessment of upper airway patency during apnea using cardiogenic oscillations in the airflow signal. *Sleep* 1995 ; 18 : 651-8.
- 34 Steltner H, Staats R, Timmer J, Vogel M, Guttmann J, Matthys H, Christian Virchow J : Diagnosis of sleep apnea by automatic analysis of nasal pressure and forced oscillation impedance. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 ; 165 : 940-4.
- 35 Navajas D, Farre R, Rotger M, Badia R, Puig-de-Morales M, Montserrat JM : Assessment of airflow obstruction during CPAP by means of forced oscillation in patients with sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med* 1998 ; 157 : 1526-30.
- 36 Farre R, Rigau J, Montserrat JM, Ballester E, Navajas D : Evaluation of a simplified oscillation technique for assessing airway obstruction in sleep apnoea. *Eur Respir J* 2001 ; 17 : 456-61.
- 37 Ficker JH, Wiest GH, Asshoff G, Fuchs FS, Schmelzer AH, Harsch IA, Hahn EG : Sensitivity of a simplified forced oscillation technique for detection of upper airway obstruction. *Respir Physiol* 2001 ; 124 : 243-9.
- 38 Flemons WW, Littner MR, Rowley JA, Gay P, Anderson WM, Hudgel DW, McEvoy RD, Loube DI : Home diagnosis of sleep apnea: a systematic review of the literature. An evidence review cosponsored by the American Academy of Sleep Medicine, the American College of Chest Physicians, and the American Thoracic Society. *Chest* 2003 ; 124 : 1543-79.
- 39 Executive Summary on the Systematic Review and Practice Parameters for Portable Monitoring in the Investigation of Suspected Sleep Apnea in Adults. *Am J Respir Crit Care Med* 2004 ; 169 : 1160-3.
- 40 Schoenberg SO, Floemer F, Kroeger H, Hoffmann A, Bock M, Knopp MV : Combined assessment of obstructive sleep apnea syndrome with dynamic MRI and parallel EEG registration: initial results. *Invest Radiol* 2000 ; 35 : 267-76.
- 41 Ikeda K, Ogura M, Oshima T, Suzuki H, Higano S, Takahashi S, Kurosawa H, Hida W, Matsuoka H, Takasaka T : Quantitative assessment of the pharyngeal airway by dynamic magnetic resonance imaging in obstructive sleep apnea syndrome. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001 ; 110 : 183-9.
- 42 Donnelly LF, Surdulescu V, Chini BA, Casper KA, Poe SA, Amin RS : Upper airway motion depicted at cine MR imaging performed during sleep: comparison between young Patients with and those without obstructive sleep apnea. *Radiology* 2003 ; 227 : 239-45.
- 43 White DP, Edwards JK, Shea SA : Local reflex mechanisms: influence on basal genioglossal muscle activation in normal subjects. *Sleep* 1998 ; 21 : 719-28.
- 44 Amis TC, O'Neill N, Wheatley JR, van der Touw T, di Somma E, Brancatisano A : Soft palate muscle responses to negative upper airway pressure. *J Appl Physiol* 1999 ; 86 : 523-30.
- 45 Malhotra A, Pillar G, Fogel RB, Edwards JK, Ayas N, Akahoshi T, Hess D, White DP : Pharyngeal pressure and flow effects on genioglossus activation in normal subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 ; 165 : 71-7.
- 46 Horner RL, Innes JA, Murphy K, Guz A : Evidence for reflex upper airway dilator muscle activation by sudden negative airway pressure in man. *J Physiol* 1991 ; 436 : 15-29.
- 47 Horner RL, Innes JA, Holden HB, Guz A : Afferent pathway(s) for pharyngeal dilator reflex to negative pressure in man: a study using upper airway anaesthesia. *J Physiol* 1991 ; 436 : 31-44.
- 48 Mortimore IL, Douglas NJ : Palatopharyngeus has respiratory activity and responds to negative pressure in sleep apnoeics. *Eur Respir J* 1996 ; 9 : 773-8.
- 49 Mortimore IL, Douglas NJ : Palatal muscle EMG response to negative pressure in awake sleep apneic and control subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 1997 ; 156 : 867-73.
- 50 Wheatley JR, Mezzanotte WS, Tangel DJ, White DP : Influence of sleep on genioglossus muscle activation by negative pressure in normal men. *Am Rev Respir Dis* 1993 ; 148 : 597-605.
- 51 Wheatley JR, Tangel DJ, Mezzanotte WS, White DP : Influence of sleep on response to negative airway pressure of tensor palatini muscle and retropalatal airway. *J Appl Physiol* 1993 ; 75 : 2117-24.
- 52 Shea SA, Edwards JK, White DP : Effect of wake-sleep transitions and rapid eye movement sleep on pharyngeal muscle response to negative pressure in humans. *J Physiol* 1999 ; 520 : 897-908.
- 53 Akahoshi T, White DP, Edwards JK, Beauregard J, Shea SA : Phasic mechanoreceptor stimuli can induce phasic activation of upper airway muscles in humans. *J Physiol* 2001 ; 531 : 677-91.

- 54 Kimoff RJ, Sforza E, Champagne V, Ofiara L, Gendron D : Upper airway sensation in snoring and obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 : 250-5.
- 55 Guillemainault C, Li K, Chen NH, Poyares D : Two-point palatal discrimination in patients with upper airway resistance syndrome, obstructive sleep apnea syndrome, and normal control subjects. *Chest* 2002 ; 122 : 866-70.
- 56 Dematteis M, Levy P, Pepin JL : A simple procedure for measuring pharyngeal sensation and diagnosing sleep apnea. *Thorax* 2004. Sous presse.
- 57 Brock J, Pitson D, Stradling J : Use of pulse transit time as a measure of changes in inspiratory effort. *J Ambul Monit* 1993 ; 6 : 295-302.
- 58 Pitson DJ, Stradling JR : Value of beat-to-beat blood pressure changes, detected by pulse transit time, in the management of the obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome. *Eur Respir J* 1998 ; 12 : 685-92.
- 59 Argod J, Pépin J-L, Smith RP, Lévy P : Comparison of esophageal pressure with pulse transit time as a measure of respiratory effort for scoring obstructive nonapneic respiratory events. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 162 : 87-93.
- 60 Katz ES, Lutz J, Black C, Marcus CL : Pulse transit time as a measure of arousal and respiratory effort in children with sleep-disordered breathing. *Pediatr Res* 2003 ; 53 : 580-8.
-