



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

Capacité physique de l'enfant présentant un syndrome d'apnée du sommeil léger



Exercise capacity in children with mild sleep-disordered breathing

J. Ricard, H. Vlachos, M.-E. Dumas, J.-P. Praud, F.-P. Counil*

Service de pneumologie pédiatrique, département de pédiatrie, faculté de médecine et des sciences de la santé, université de Sherbrooke, Québec, Canada

Reçu le 24 mai 2017 ; accepté le 12 septembre 2017
Disponible sur Internet le 11 août 2018

MOTS CLÉS

Enfant ;
Syndrome d'apnées obstructives du sommeil ;
SAOS ;
Aptitude physique ;
Épreuve d'effort

Résumé

Introduction. — Les apnées du sommeil chez l'enfant sont associées à une diminution de l'activité physique avec un impact sur la capacité physique qui reste peu décrit. L'objectif de cette étude était de mesurer la capacité physique d'enfants présentant des événements respiratoires obstructifs au cours du sommeil afin d'estimer la pertinence d'un réentraînement. **Méthodes.** — Douze jeunes patients symptomatiques appariés à 11 volontaires sains constituaient l'échantillon étudié (âge : $13 \pm 0,5$ ans). L'évaluation en laboratoire comprenait un questionnaire d'activité physique, une polysomnographie, une épreuve d'effort et un test force-vitesse.

Résultats. — Les événements respiratoires obstructifs au cours du sommeil étaient plus fréquents dans le groupe patient (index horaire des événements respiratoires : $4,6 \pm 4,7$ vs $0,8 \pm 0,6$; $p=0,02$). Le groupe patient avait une VO_2 max diminuée ($32,0 \pm 9,9$ vs $42,3 \pm 5,7$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ ; $p=0,007$) et une puissance anaérobie maximale plus faible ($8,6 \pm 3,4$ vs $11,8 \pm 1,9$ W.kg⁻¹, $p=0,009$). La VO_2 max des patients était uniquement corrélée à l'activité physique hebdomadaire ($p=0,005$).

Conclusion. — Le ronflement et l'apnée du sommeil peuvent être associés chez l'enfant à une diminution significative de la capacité physique aéro-anaérobie en lien avec une hypoactivité. Une réhabilitation par l'exercice pourrait être bénéfique.

© 2018 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant. FMSS-université de Sherbrooke, 3001 12^e avenue Nord, J1H 5N4 Sherbrooke, QC, Canada.
Adresse e-mail : francois-pierre.counil@usherbrooke.ca (F.-P. Counil).

KEYWORDS

Children;
 Sleep apnea;
 Obstructive;
 Sleep apnea
 syndrome;
 Exercise test;
 Physical fitness

Summary

Introduction. – While the association between sleep-disordered breathing (SDB) and low physical activity has been reported in children, little information is available on the impact of SDB on exercise capacity. The aim of this study was to assess exercise capacity in children with SDB in order to estimate the relevance of exercise training intervention.

Methods. – Twelve young patients with suspected SDB matched with 11 presumably healthy subjects of same age range (aged 13 ± 0.5 yr) were investigated. Both groups underwent physical activity assessment, full night polysomnography, incremental and all-out exercise tests.

Results. – The respiratory disturbance index was higher in the patient group (4.6 ± 4.7 vs 0.8 ± 0.6 ; $P=0.02$). Children with SDB had lower VO_2 max (32.0 ± 9.9 vs 42.3 ± 5.7 mL.kg⁻¹.min⁻¹, $P=0.007$) and lower peak power (8.6 ± 3.4 vs 11.8 ± 1.9 W.kg⁻¹, $P=0.009$). A significant correlation between VO_2 max and weekly physical activity only was found in the SDB group ($P=0.005$).

Conclusion. – Mild SDB may be associated with impairment of both aerobic and anaerobic exercise capacity in children, related to poor physical activity. Exercise training could bring clinical benefit in this population.

© 2018 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Les troubles respiratoires obstructifs liés au sommeil, du ronflement simple jusqu'au syndrome d'apnée du sommeil, ont une prévalence non négligeable chez l'enfant. En effet, le ronflement simple toucherait 6 à 15 % des enfants [1,2] alors que le syndrome d'apnée du sommeil affecterait 1 à 3 % de la population pédiatrique [1,3]. Si l'obstruction des voies aériennes supérieures par l'hypertrophie des structures lymphoïdes reste la cause principale du syndrome d'apnée du sommeil entre 2 et 5 ans, un phénotype associant surpoids et apnée du sommeil, comparable à celui de l'adulte est observé à partir de la pré-adolescence [4]. L'impact non seulement des apnées du sommeil mais aussi des ronflements simples sur la santé globale de l'enfant est un motif de préoccupation grandissant, avec la mise en évidences de plusieurs conséquences fonctionnelles :

- diminution des capacités neurocognitives [5], de concentration et d'apprentissages [1] ;
- augmentation de la pression artérielle [6,7] ;
- altération de la fonction cardiaque [8] ;
- association avec le syndrome métabolique lié à l'obésité [9,10].

Cet ensemble de manifestations cliniques serait la conséquence finale d'un stress oxydatif exagéré en lien avec les événements obstructifs répétés [11]. De plus, faible activité physique et obésité favoriseraient et pourraient même déclencher un cercle vicieux apnée du sommeil–hypoactivité-obésité suivant différents modèles physiopathologiques [11,12]. Sans préjuger des mécanismes en cause, une préférence pour les aliments favorisant l'obésité et une réduction marquée des activités physiques quotidiennes a pu être observées chez les enfants apnéiques [13]. La capacité physique d'enfants présentant un syndrome d'apnée du sommeil modéré ou sévère semble effectivement altérée [14,15], mais la cause de

cette limitation fonctionnelle n'est pas établie. Si une limitation de l'adaptation cardiaque à l'effort est probable chez des enfants ayant un syndrome d'apnée du sommeil plus sévère [15], un simple déconditionnement musculaire est également plausible. L'objectif de l'étude présentée ici était de tester l'hypothèse d'une diminution de la capacité physique par déconditionnement chez des enfants présentant des symptômes très évocateurs d'obstruction des voies aériennes au cours du sommeil et qui consultent pour la première fois dans une clinique spécialisée en apnée du sommeil pédiatrique, référés par leur médecin de famille ou leur pédiatre. Dans l'affirmative, la pertinence d'une intervention visant à augmenter l'activité physique s'en trouverait renforcée.

Matériel et méthodes**Sujets**

Un groupe d'enfants atteints de syndrome d'apnée du sommeil a été recrutés à la consultation d'apnée du sommeil pédiatrique du centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (Québec, Canada) sur une période de 1 an. Les principaux critères d'inclusion étaient un âge compris entre 7 et 18 ans, un score clinique d'événements respiratoires liés au sommeil [16] compatible avec le diagnostic (score ≥ 8). Ce score clinique établi à l'aide d'un questionnaire standardisé (Pediatric Sleep Questionnaire, Annexe 1) permet de recueillir les symptômes nocturnes et diurnes spécifiques du syndrome d'apnée du sommeil de l'enfant avec une sensibilité de 85 % et une spécificité de 87 %. Le groupe témoin était constitué de volontaires en bonne santé recrutés en milieu scolaire dans la même région sur la même période, appariés sur le genre et l'âge avec un score clinique non évocateur du diagnostic d'apnée du sommeil. Les critères

d'exclusion étaient la présence d'une autre pathologie chronique, un électrocardiogramme anormal, une spirométrie anormale et l'impossibilité motrice d'effectuer les tests d'effort. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique du centre de recherche du centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CRCHUS approbation n° 10-227). Un consentement éclairé était recueilli auprès de chaque participant et ses représentants légaux.

Protocole

Tous les enfants ont participé aux mêmes évaluations avec un score de symptômes reliés aux troubles respiratoires du sommeil, un examen clinique initial comprenant un relevé des antécédents médicaux, une auscultation cardiopulmonaire, une prise de tension artérielle, une évaluation du stade pubertaire, une mesure du poids et de la taille. L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé, la masse maigre a été calculée à l'aide de la mesure des plis cutanés avec ajustement pour le sexe et le stade pubertaire [17]. Le volume des membres inférieurs était calculé à partir des mesures de longueurs et de circonférences des cuisses et des jambes [18]. L'activité physique hebdomadaire était convertie en équivalents métaboliques (MET) à partir d'un questionnaire d'activité standardisé [19]. Un électrocardiogramme de repos et une spirométrie (Masterscreen PFT, Jaeger GmbH, Würzburg, Allemagne) ont été réalisés pour chaque participant avant les épreuves d'effort. Un test force-vitesse [20] était effectué en fin de journée sur bicyclette ergométrique (Ergomedic 894E, Monark, Suède). En bref, ce test consiste en une répétition de sprints de 6 s avec des repos de 5 min contre un incrément du frein mécanique à chaque palier. Il permet d'établir la relation parabolique entre force appliquée au frein et la puissance développée afin de calculer la puissance maximale anaérobie alactique ($P_{max_{ana}}$). On peut aussi établir sur ce même test la relation linéaire entre vitesse de pédalage et force de freinage avec détermination de F_0 (force théorique annulant la vitesse de pédalage) et V_0 (vitesse maximale en cas de résistance au pédalage nulle). La polysomnographie était ensuite réalisée sur une nuit complète en laboratoire de sommeil (Sandman Elite, Nellcor Puritan Bennett, Canada). Les signaux recueillis étaient les suivants : électroencéphalogramme, électrooculogramme, électromyogramme mentonnier, débit nasal et buccal, mouvements thoraciques et abdominaux, ronflement, position du corps, oxymétrie de pouls (Masimo radical 7, Irvine Ca, États-Unis), pression transcutanée en CO_2 (Tosca, Radiometer, Bâle, Suisse), électrocardiogramme, enregistrement vidéo par caméra infra-rouge. Les recommandations pédiatriques actualisées de l'Académie américaine de médecine du sommeil ont été suivies pour la réalisation et l'interprétation de cet examen [21]. Dans la matinée suivant leur polysomnographie les participants ont effectué une épreuve d'effort pour déterminer leur consommation maximale d'oxygène (VO_2max) sur bicyclette ergométrique (Ergometrics 900, Ergoline GmbH, Bitz, Allemagne) à l'aide d'un test charge croissante par paliers de 1 minute [22]. Pendant le test, les sujets respiraient dans un circuit ouvert permettant la mesure de la ventilation et des échanges gazeux cycle à cycle (OxyconPro, Jaeger GmbH, Würzburg, Allemagne). Les sujets étaient encouragés jusqu'à atteindre au moins 3 des critères suivants :

fréquence cardiaque maximale supérieure ou égale à 90 % de la valeur prédite, quotient respiratoire supérieur ou égal à 1,1, impossibilité de maintenir la vitesse de pédalage imposée de 60 tr/min, plateau de VO_2 malgré l'incrément de charge. Le paramètre principal d'évaluation de la capacité physique était la VO_2max .

Analyses statistiques

Des analyses bivariées ont été réalisées sur l'ensemble des mesures à l'aide des tests appropriés selon la nature et la distribution de chaque variable. Des analyses de corrélations ont été effectuées à la recherche d'associations entre la capacité physique et ses principaux déterminants dont l'activité physique hebdomadaire. Des analyses

Tableau 1 Caractéristiques des 2 groupes étudiés.

	Patients ^a (n = 12)	Témoins ^a (n = 11)	P
Âge (ans)	12,9 (0,5)	13 (0,5)	0,62
Filles/garçons	5/7	4/7	1,00
Stade pubertaire (Tanner)	3,5 (1,4)	3,5 (1,3)	0,93
PA systolique (mm Hg)	118 (12)	105 (9)	0,05
PA diastolique (mm Hg)	84 (14)	75 (6)	0,15
Poids (kg)	60,3 (21,6)	48,7 (11,1)	0,12
IMC (kg/m^2)	25,1 (7,3)	19,6 (3,1)	0,03
IMC (Z-score)	1,7 (2,4)	0,03 (0,9)	0,03
Masse maigre (kg)	42,5 (11,5)	38,1 (6,7)	0,29
Volume membre inférieur (L)	9,4 (3,8)	7,6 (1,9)	0,17
Volume cuisse (L)	7,0 (2,9)	5,7 (1,5)	0,20
Activité physique (MET)	4563 (3822)	6941 (4217)	0,17
Score clinique SAOS	11 (3)	2 (1)	< 0,0001
VEMS (%)	114 (21)	111 (8)	0,70
CRF (%)	93 (20)	98 (9)	0,45

PA : pression artérielle ; IMC : indice de masse corporelle ; MET : équivalent métabolique de l'activité physique hebdomadaire ; SAOS : syndrome d'apnée obstructive du sommeil ; VEMS : volume maximal expiré en une seconde ; CRF : capacité résiduelle fonctionnelle.

^a Moyenne (écart-type).

de covariance ont permis d'évaluer l'effet de l'index d'apnée-hypopnée au cours du sommeil sur la consommation maximale d'oxygène après ajustement sur la corpulence et l'activité physique. Le logiciel SAS version 9.4 a été utilisé pour les analyses. Une valeur de $p < 0,05$ était considérée comme significative.

Résultats

Treize enfants avaient été initialement recrutés dans chaque groupe. Deux sujets n'ont pas participé à l'étude en raison de critères d'inclusion non conformes :

- un sujet du groupe patient avait un score clinique d'apnée du sommeil insuffisant (score < 8) ;
- un sujet du groupe témoin avait un score clinique d'apnée du sommeil trop élevé (score ≥ 8).

Un sujet du groupe témoin a été exclu en raison de ses antécédents d'asthme. Un total de 23 enfants a finalement participé à l'étude.

Les caractéristiques de chaque groupe sont résumées dans le [Tableau 1](#). Une tendance à avoir une pression artérielle systolique plus élevée a été observée dans le groupe des patients, ainsi qu'un IMC plus élevé que celui du groupe témoin. Leur score clinique d'apnée du sommeil, leurs index d'apnée-hypopnée (IAH), d'événements respiratoires et de micro-éveils liés à ces événements étaient significativement supérieurs à ceux du groupe témoin ([Tableau 2](#)). La polysomnographie montrait la répartition diagnostique suivante :

- ronflement primaire 5/12 (IAH < 1) ;
- syndrome d'apnée du sommeil léger 3/12 ($1 \leq$ IAH < 5) ;
- syndrome d'apnée du sommeil modéré 3/12 ($5 \leq$ IAH < 10) ;
- syndrome d'apnée du sommeil sévère 1/12 (IAH ≥ 10).

La capacité physique du groupe de patient était significativement inférieure à celle du groupe témoin, que ce soit en termes de capacité aérobie ou selon le pic de puissance anaérobie ([Tableau 3](#)). Ces résultats étaient observés après normalisation par le poids, la masse maigre, et le volume des membres inférieurs. L'exclusion du patient avec syndrome d'apnée du sommeil sévère ne modifiait pas les résultats. Les adaptations ventilatoires à l'exercice étaient similaires dans les deux groupes. Tous les participants ont indiqué une fatigue musculaire comme seul facteur limitant leur effort maximal.

La puissance maximale anaérobie et la $VO_2\max$ étaient significativement corrélées avec l'équivalent métabolique (MET) des activités physiques hebdomadaires (respectivement $r=0,67$, $p < 0,001$ et $r=0,71$, $p < 0,001$, test de Spearman). L'analyse de corrélation effectuée dans chaque groupe a montré une corrélation significative entre $VO_2\max$ et MET dans le groupe patient seulement ($p=0,005$). Les analyses de covariance ont montré la persistance d'une association significative entre appartenance au groupe patient et $VO_2\max$ plus faible après ajustement sur la masse maigre ($p < 0,0005$). Après ajustement sur le Z-score de l'IMC, on observe une tendance non significative de cette association ($p=0,07$).

Discussion

Les résultats de cette étude pilote indiquent que des enfants présentant des symptômes courants d'obstruction respiratoire des voies aériennes supérieures au cours du sommeil ont une capacité physique diminuée. Une originalité de cette étude a été d'apprécier à la fois la capacité physique aérobie et anaérobie.

La limitation de $VO_2\max$ observée pourrait en théorie être d'origine ventilatoire, cardiocirculatoire ou musculaire. L'hypothèse d'une limitation ventilatoire peut raisonnablement être exclue ici puisque la réserve ventilatoire et les équivalents respiratoires étaient identiques aux témoins. Une conclusion similaire s'impose à la lecture des études comparables [14,15], avec une réserve ventilatoire intacte ou augmentée et un équivalent ventilatoire du CO_2 à l'effort maximal identique aux témoins. Une limitation du débit cardiaque ou de la fonction des muscles périphériques restent donc les seuls facteurs pouvant expliquer la limitation relative de la capacité physique des patients. La réponse cardiaque au stress d'exercice évaluée par la fréquence cardiaque maximale, la réserve chronotrope et le pouls d'oxygène était équivalente dans les deux groupes, ce qui ne plaide pas pour une limitation de débit cardiaque. Il n'y avait pas de mesures spécifiques de la fonction cardiaque mais l'absence de différence significative pour le pouls d'oxygène maximal était en faveur de volumes d'éjection systoliques maximaux similaires dans les deux groupes. La faible réserve chronotrope constatée dans les deux groupes indiquait une réponse adrénosympathique adéquate à l'effort maximal. Il faut cependant noter que chez des patients présentant un syndrome d'apnée du sommeil plus sévère, une limitation du débit cardiaque à l'effort a pu être observée [15] avec augmentation de la réserve chronotrope et diminution de l'index de volume d'éjection systolique. On peut supposer qu'un certain degré de sévérité des apnées est nécessaire pour altérer la réponse cardiaque à l'exercice.

Le pic de puissance anaérobie des patients était plus faible comparé aux témoins, indiquant une diminution de la capacité anaérobie alactique des muscles des membres inférieurs. La consommation d'oxygène relative au seuil ventilatoire était également plus faible chez les patients, indiquant une probable diminution de la capacité aérobie de ces mêmes muscles. Ces deux observations sont en faveur d'une limitation de la fonction des muscles périphérique dans le groupe des patients.

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour élucider les interactions entre capacité physique, obésité et apnée du sommeil chez l'enfant [15]. Les oscillations répétées de la saturation en oxygène au cours du sommeil semblent jouer un rôle central [11]. La sur-stimulation du système sympathique lors des micro-éveils d'origine respiratoire [23] affecterait alors la réponse sympathique et donc l'adaptation cardiocirculatoire lors du stress par l'exercice. Les conséquences sur la capacité physique sont rarement objectivées par des mesures physiologiques chez l'enfant. Chez l'adulte obèses présentant un syndrome d'apnée-hypopnée du sommeil sévère, il a été observé une diminution de l'hyperactivité sympathique et une amélioration significative de la capacité physique sans modification de l'IMC après deux mois de traitement par pression positive

Tableau 2 Polysomnographie.

	Patients ^a (n = 12)	Témoins ^a (n = 11)	P
Durée totale sommeil (min)	448 (252–489)	445 (415–496)	0,48
Durée sommeil paradoxal (min)	89 (12–115)	75 (37–95)	0,27
IAH (h ⁻¹)	1,9 (0–14)	0,6 (0–1,9)	0,04
Index d'évènements respiratoire (h ⁻¹)	3 (0–14)	0,7 (0–2,2)	0,02
Index micro-éveils respiratoire (h ⁻¹)	2,6 (0,1–9,7)	0,4 (0–1,5)	0,01
SpO ₂ moyenne sommeil (%)	97,6 (91,1–98,9)	96,7 (94,3–98,3)	0,52
SpO ₂ nadir sommeil (%)	91,4 (84–94,9)	92 (87–97,2)	0,64
IDO (h ⁻¹)	0,5 (0–15,4)	0,5 (0–1,6)	0,14

IAH : index horaire d'apnée-hypopnée au cours du sommeil ; IDO : index horaire de désaturation en oxygène au cours du sommeil.
^a Médiane (min–max).

nocturne (CPAP) [24]. L'augmentation de pression artérielle systolique constatée dans notre groupe patient était un indice convaincant d'hyperactivité sympathique. Cependant il n'a pas été possible de confirmer l'ensemble des éléments de cette hypothèse puisque ni l'index de désaturation, ni le nadir de SpO₂ au cours du sommeil, ni la fréquence cardiaque maximale n'étaient significativement différents dans les deux groupes.

Une sous-estimation de la capacité physique liée au surpoids dans le groupe des patients est très peu probable puisque la capacité physique du groupe reste plus faible après normalisation par la masse maigre ou le volume des membres inférieurs. Cette constatation est cohérente avec un effet des apnées du sommeil sur la capacité physique qui est, au moins en partie, indépendant de l'obésité comme rapporté par plusieurs auteurs tant chez l'enfant [15] que chez l'adulte [25]. L'ajustement sur la variabilité de l'IMC n'a pas permis de confirmer cette impression, probablement en raison d'un manque de puissance de l'essai. Un effet du surpoids sur la capacité physique ne peut donc pas être totalement exclu.

L'activité physique hebdomadaire, traduite en équivalent métabolique, n'était pas significativement plus faible dans le groupe patient. Cependant, c'était le meilleur facteur prédictif des performances aérobie et anaérobie pour l'ensemble de l'échantillon étudié. Une tendance à l'évitement des activités physiques, éventuellement liée au surpoids et responsable d'un déconditionnement musculaire pourrait donc expliquer à elle seule les résultats observés. À ce stade on peut émettre l'hypothèse d'un mode de vie plus sédentaire dans le groupe des patients, conséquence probable d'une intolérance à l'effort plus marquée. Il est impossible de distinguer si le déconditionnement constaté était éventuellement lié à une fatigabilité induite

par les troubles du sommeil, le surpoids, ou aux deux à la fois. Quelle que soit la cause initiale de ce déconditionnement, augmenter l'activité physique régulière aurait un double intérêt pour ces enfants : corriger le déconditionnement physique et atténuer les effets néfastes des hypoxies nocturnes répétées comme semble l'indiquer une étude de Gozal et al. sur un modèle murin d'apnée du sommeil pédiatrique [26]. Les essais cliniques de réentraînement chez l'adulte apnéique sont également en faveur d'un effet bénéfique direct de l'activité physique sur les apnées du sommeil avec une réduction moyenne de l'IAH de 4 à 8,5 points selon les études, sans effet significatif sur le surpoids [27].

La taille de l'échantillon prévu permettait une puissance suffisante pour détecter les différences de capacité physique mais il était trop faible pour détecter l'ensemble des prédicteurs de la capacité physique. L'hétérogénéité relative de l'échantillon recruté était une autre limitation de l'étude. Les critères d'inclusion choisis ont certes permis un recrutement prospectif réaliste uniquement basé sur un score de symptômes dans le contexte d'une consultation d'apnée du sommeil pédiatrique, mais ils exposaient à une certaine variabilité des caractéristiques démographiques et du degré de sévérité clinique des patients. L'appariement des sujets témoins sur l'âge et le sexe des patients a permis de limiter la dispersion démographique. Le score clinique utilisé ne permettait pas de classer les patients a priori selon un degré de sévérité. Au final, l'âge des sujets s'est révélé assez homogène (12 à 13 ans) et la majorité des patients a reçu un diagnostic de ronflement simple ou de syndrome d'apnée du sommeil léger (8/12) suite à la polysomnographie. Il est intéressant d'observer que même avec ce degré de sévérité très léger comparé aux études similaires [14, 15], la diminution de capacité physique

Tableau 3 Épreuves d'effort.

	Patients ^a (n = 12)	Témoins ^a (n = 11)	P
<i>Test force-vitesse</i>			
Pmax _{ana} /poids (W.kg ⁻¹)	8,6 (3,4)	11,8 (1,9)	0,01
Pmax _{ana} /masse maigre (W.kg ⁻¹)	11,7 (3,8)	14,9 (2,4)	0,03
Pmax _{ana} /volume membre inférieur (W.l ⁻¹)	58,1 (25,2)	76,3 (13,4)	0,04
<i>Épreuve d'effort cardiopulmonaire</i>			
VO ₂ max/poids (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	32,0 (9,9)	42,3 (5,7)	0,007
VO ₂ max/masse maigre (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	43,7 (10,6)	53,3 (6,2)	0,01
VO ₂ max/volume membre inférieur (mL.l ⁻¹ .min ⁻¹)	215 (81,8)	277 (55,6)	0,04
Pmax/poids (W.kg ⁻¹)	2,0 (0,8)	3,0 (0,4)	0,002
Pmax/masse maigre (W.kg ⁻¹)	2,7 (0,8)	3,7 (0,5)	0,002
Pmax/volume membre inférieur (W.l ⁻¹)	13,6 (6,1)	19,3 (3,7)	0,01
FCmax (%)	91,5 (6,6)	92 (3,9)	0,83
Pouls d'O ₂ (mL.battement ⁻¹)	9,9 (3,1)	11,0 (2,4)	0,38
Réserve ventilatoire (%)	42,0 (14,5)	35,7 (10,9)	0,26
QR	1,1 (0,1)	1,1 (0,1)	0,53
VE/VCO ₂	28,0 (2,4)	28,9 (2,5)	0,40
VO ₂ SV (%)	74,2 (10,0)	68,5 (9,5)	0,18
VO ₂ SV/poids (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	23,4 (6,3)	29,2 (6,9)	0,047
VO ₂ SV/masse maigre (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	32,0 (6,8)	36,7 (8,0)	0,14
Pmax _{ana} : puissance maximale anaérobie ; VO ₂ max : consommation maximale en oxygène ; Pmax : puissance maximale ; FCmax : fréquence cardiaque maximale ; QR : quotient respiratoire à l'effort maximal ; VE/VCO ₂ : équivalent respiratoire pour le CO ₂ à l'effort maximal ; VO ₂ SV : consommation d'oxygène au seuil ventilatoire.			
^a Moyenne (écart-type).			

reste présente chez les patients. Le contrôle des facteurs confondants d'ordre anthropométrique semble satisfaisant a posteriori, puisque seul l'équivalent métabolique de l'activité physique hebdomadaire habituelle était un prédicteur significatif de la capacité physique dans le groupe des patients.

En conclusion, la limitation de la capacité physique observée chez des enfants présentant un ronflement simple ou des apnées du sommeil semble être secondaire à un déconditionnement. Des études pédiatriques évaluant les effets du reconditionnement physique sur la qualité du sommeil et les effets de l'application d'une CPAP nocturne sur la capacité physique des patients permettraient de mieux comprendre les interactions précoces entre la capacité physique et les obstructions respiratoires au cours du sommeil.

Financement

Subventions de la Fondation des Étoiles (Montréal, Canada) et du Centre de Recherche du CHUS (Sherbrooke, Canada) attribuées à l'investigateur principal (FPC).

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Isabelle Beauchemin et Isabelle Audit, inhalothérapeutes, pour leur assistance dans la réalisation des tests d'efforts et des polysomnographies.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Annexe 1. Pediatric Sleep Questionnaire

Questionnaire apnées du sommeil pédiatrique (d'après Chervin et al¹)

Questions à poser à tes proches, quand tu dors tu...

	Oui	Non	NSP
ronfles plus de la moitié du temps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ronfles toujours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ronfles bruyamment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as une respiration bruyante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as du mal à respirer ou lutte pour respirer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t'arrêtes parfois de respirer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Souvent tu...

as tendance à respirer par la bouche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as la bouche sèche au réveil le matin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
te sens fatigué au lever le matin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as sommeil (es fatigué, somnolent) durant la journée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
es difficile à réveiller le matin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as mal à la tête	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as du mal à te concentrer quand on te parle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
as des difficultés à organiser tes activités ou à exécuter les tâches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
es facilement distrait par les stimulations extérieures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bouges sans arrêt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ne tiens pas en place, on dirait une pile électrique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
perturbe les conversations ou les activités des autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

as eu ou as des problèmes de croissance

(tu as ou as eu des problèmes pour grandir et grossir normalement)

es en surpoids (es obèse)

tes enseignants ou ses entraîneurs te trouvent souvent fatigué

(somnolent, endormi)

fais parfois pipi au lit

Total oui =

1. Chervin RD, Hedger K, Dillon JE and Pituch KJ. Pediatric sleep questionnaire (PSQ): validity and reliability of scales for sleep-disordered breathing, snoring, sleepiness, and behavioral problems. *Sleep Med.* 2000;1(1):21-32.

Références

- [1] Brockmann PE, Urschitz MS, Schlaud M, et al. Primary snoring in school children: prevalence and neurocognitive impairments. *Sleep Breath* 2012;16:23–9.
- [2] Bixler EO, Vgontzas AN, Lin HM, et al. Sleep disordered breathing in children in a general population sample: prevalence and risk factors. *Sleep* 2009;32:731–6.
- [3] Urschitz MS, Brockmann PE, Schlaud M, et al. Population prevalence of obstructive sleep apnoea in a community of German third graders. *Eur Respir J* 2010;36:556–8.
- [4] Capdevila OS, Kheirandish-Gozal L, Dayyat E, et al. Pediatric obstructive sleep apnea: complications, management, and long-term outcomes. *Proc Am Thorac Soc* 2008;5:274–82.
- [5] Kennedy JD, Blunden S, Hirte C, et al. Reduced neurocognition in children who snore. *Pediatr Pulmonol* 2004;37:330–7.
- [6] Bixler EO, Vgontzas AN, Lin HM, et al. Blood pressure associated with sleep-disordered breathing in a population sample of children. *Hypertension* 2008;52:841–6.
- [7] Li AM, Au CT, Ho C, et al. Blood pressure is elevated in children with primary snoring. *J Pediatr* 2009;155, 362-368 e361.
- [8] Villa MP, Ianniello F, Tocci G, et al. Early cardiac abnormalities and increased C-reactive protein levels in a cohort of children with sleep disordered breathing. *Sleep Breath* 2012;16:101–10.
- [9] Gozal D, Capdevila OS, Kheirandish-Gozal L. Metabolic alterations and systemic inflammation in obstructive sleep apnea among nonobese and obese prepubertal children. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:1142–9.
- [10] Kelly A, Dougherty S, Cucchiara A, et al. Catecholamines, adiponectin, and insulin resistance as measured by HOMA in children with obstructive sleep apnea. *Sleep* 2010;33:1185–91.
- [11] Gozal D, Kheirandish L. Oxidant stress and inflammation in the snoring child: confluent pathways to upper airway pathogenesis and end-organ morbidity. *Sleep Med Rev* 2006;10:83–96.
- [12] Ievers-Landis CE, Redline S. Pediatric sleep apnea: implications of the epidemic of childhood overweight. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;175:436–41.
- [13] Spruyt K, Sans Capdevila O, Serpero LD, et al. Dietary and physical activity patterns in children with obstructive sleep apnea. *J Pediatr* 2010;156:724–30.
- [14] Damianidou L, Eboriadou M, Giannopoulos A, et al. Reduced exercise capacity in Greek children with mild to moderate obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatr Pulmonol* 2013;48:1237–45.
- [15] Evans CA, Selvadurai H, Baur LA, et al. Effects of obstructive sleep apnea and obesity on exercise function in children. *Sleep* 2014;37:1103–10.
- [16] Chervin RD, Hedger K, Dillon JE, et al. Pediatric sleep questionnaire (PSQ): validity and reliability of scales for sleep-disordered breathing, snoring, sleepiness, and behavioral problems. *Sleep Med* 2000;1:21–32.
- [17] Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60:709–23.
- [18] Jones PR, Pearson J. Anthropometric determination of leg fat and muscle plus bone volumes in young male and female adults. *J Physiol* 1969;204, 63P-66P.
- [19] Verschuur R, Kemper H. Habitual physical activity. In *Med Sport Sci* 1985;20:56–65.
- [20] Vandewalle H, Peres G, Sourabie B, et al. Force-velocity relationship and maximal anaerobic power during cranking exercise in young swimmers. *Int J Sports Med* 1989;10:439–45.
- [21] Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Deliberations of the Sleep Apnea Definitions Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med* 2012;8:597–619.
- [22] Karila C, de Blic J, Waernessyckle S, et al. Cardiopulmonary exercise testing in children: an individualized protocol for workload increase. *Chest* 2001;120:81–7.
- [23] O'Driscoll DM, Horne RS, Davey MJ, et al. Increased sympathetic activity in children with obstructive sleep apnea: cardiovascular implications. *Sleep Med* 2011;12:483–8.
- [24] Quadri F, Boni E, Pini L, et al. Exercise tolerance in obstructive sleep apnea-hypopnea (OSAH), before and after CPAP treatment: Effects of autonomic dysfunction improvement. *Respir Physiol Neurobiol* 2017;236:51–6.
- [25] Ucok K, Aycicek A, Sezer M, et al. Aerobic and anaerobic exercise capacities in obstructive sleep apnea and associations with subcutaneous fat distributions. *Lung* 2009;187:29–36.
- [26] Gozal D, Nair D, Goldbart AD. Physical activity attenuates intermittent hypoxia-induced spatial learning deficits and oxidative stress. *Am J Respir Crit Care Med* 2010;182:104–12.
- [27] Iftikhar IH, Kline CE, Youngstedt SD. Effects of exercise training on sleep apnea: a meta-analysis. *Lung* 2014;192:175–84.