

# Les muscles respiratoires chez le sujet sain et le patient : nécessitent-ils un entraînement spécifique ?

**SAMUEL VERGÈS**

CHERCHEUR EN PHYSIOLOGIE DE L'EXERCICE  
LABORATOIRE REX-S,  
UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER  
ET CHU DE GRENOBLE

Les muscles respiratoires fonctionnent 24 h sur 24 et sont essentiels à l'activation du système respiratoire. Muscles squelettiques à part entière, ils peuvent fatiguer lorsque la charge de travail est augmentée, mais aussi être entraînés et développer des capacités fonctionnelles accrues. Des méthodes spécifiques d'entraînement des muscles inspiratoires et expiratoires ont ainsi été développées tant à destination du sujet sain que du patient.

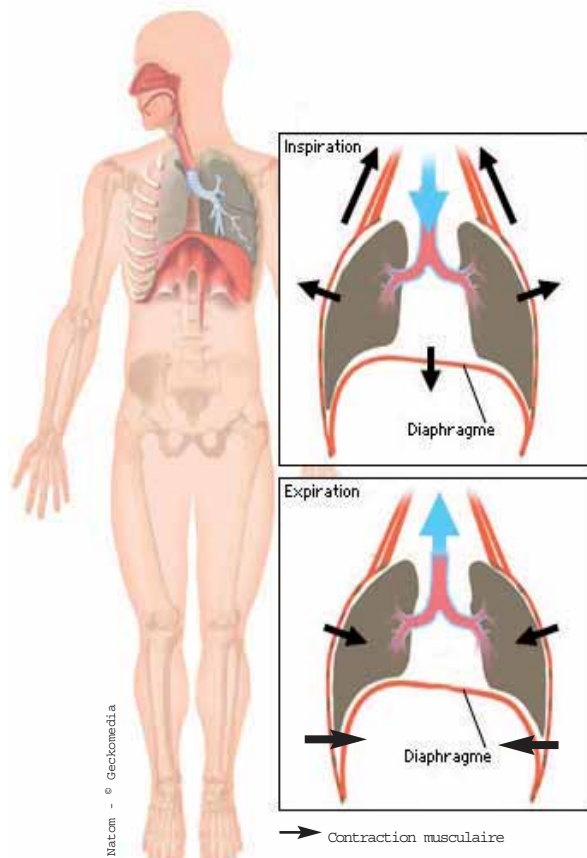
## 1 - Le système respiratoire à l'exercice chez le sujet sain

Le système respiratoire chez le sujet sain a longtemps été décrit comme physiologiquement surdimensionné face aux contraintes liées à l'exercice physique en particulier. Les deux arguments principalement utilisés en faveur de cette conception étaient les suivants : premièrement, à l'exercice, même intense, le niveau ventilatoire est clairement en deçà de la ventilation maximale que le sujet peut volontairement produire (la ventilation maximale volontaire), et il semble ainsi que le système ventilatoire soit relativement loin d'atteindre ses capacités fonctionnelles maximales à l'effort.

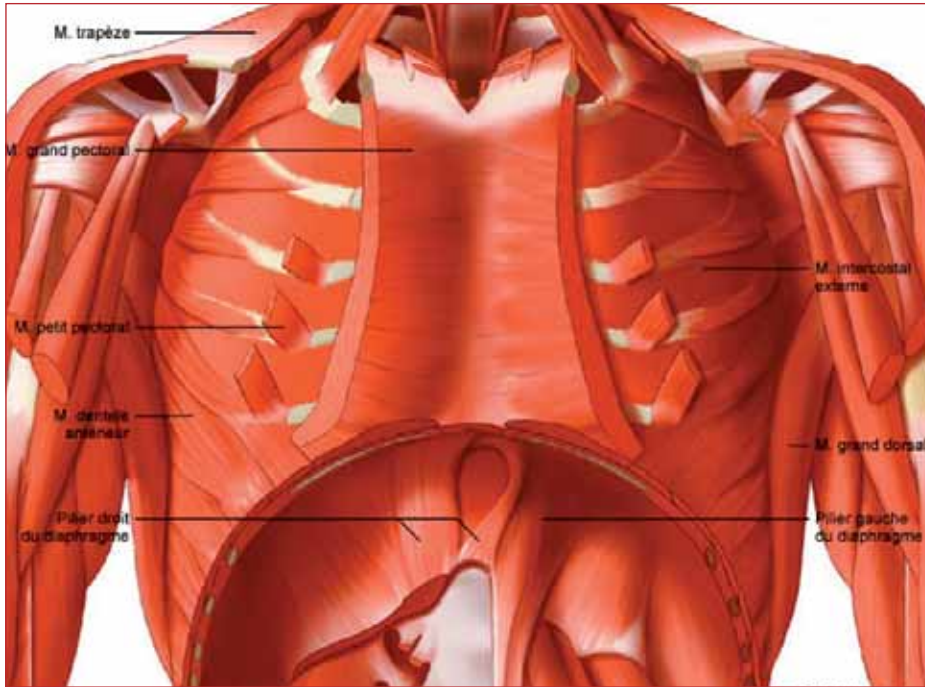
Deuxièmement, les quantités d'oxygène et de dioxyde de carbone dans le sang même à l'exercice maximal semblent indiquer que le système respiratoire assure tout à fait correctement les échanges gazeux, la quantité d'oxygène dans le sang restant en particulier remarquablement stable du repos jus-

qu'à l'exercice intense. Malgré l'exception notoire des athlètes d'endurance chez qui elles sont parfois contredites, ces observations ont longtemps conduit à rechercher les mécanismes limitant la performance à l'effort plus au niveau des systèmes cardiovasculaire ou musculaire périphérique qu'au niveau du système respiratoire.

Ces dernières années cependant, un certain nombre de données scientifiques semblent indiquer que le système respiratoire est en réalité capable de limiter la performance à l'effort chez le sujet sain. En étudiant spécifiquement les muscles inspiratoires et expiratoires, plusieurs études ont en effet montré qu'au cours d'un exercice intense ces muscles fatiguent du fait des hauts niveaux ventilatoires atteints, de façon similaire aux muscles locomoteurs. Il a également été démontré que le travail respiratoire réalisé et la fatigue induite au niveau des muscles respiratoires peuvent limiter le niveau de performance globale à l'exercice. Ainsi, lorsqu'un sujet réalise un exercice intense après que, de façon artificielle en laboratoire, ses muscles inspiratoires ou expiratoires ont été « pré-fati-



## Les muscles respiratoires chez le sujet sain et le patient : nécessitent-ils un entraînement spécifique ?



Natom - © Geckcomedia

*...les muscles non seulement inspiratoires mais également expiratoires sont fortement sollicités à l'effort...*

gués » (par respiration contre résistance), sa performance à l'effort est clairement diminuée. De façon plus originale encore, une équipe américaine a montré chez des sujets sains également, que les performances d'endurance sont améliorées lorsque est appliqué un système de ventilation non invasive suffisamment performant pour ventiler le sujet à l'effort et ainsi remplacer en grande partie le travail des muscles respiratoires (1).

Ces différentes études ont ainsi montré que **le travail et la fatigue des muscles respiratoires peuvent limiter la performance globale à l'exercice.**

Les mécanismes de cette altération de performance, lorsque les muscles respiratoires fatiguent, semblent en particulier inclure une modification du mode ventilatoire (la fatigue des muscles respiratoires provoque

une respiration plus rapide et moins profonde), une augmentation des sensations d'essoufflement et d'effort respiratoire, ainsi qu'un phénomène de concurrence entre les muscles respiratoires et locomoteurs.

Concernant ce dernier point, il a en effet été montré récemment que le développement d'une fatigue des muscles respiratoires est accompagné d'un réflexe mettant en jeu le système nerveux autonome (sympathique) et provoquant une vasoconstriction périphérique.

Ainsi, il a pu être démontré en laboratoire que lorsque les muscles respiratoires fatiguent, les muscles locomoteurs sont moins perfusés et fatiguent alors plus vite à l'effort !

### **2 - Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain**

Ces différents résultats ont poussé les chercheurs à s'intéresser plus en détail aux muscles respiratoires, et surtout, puisque ces muscles semblent pouvoir limiter la performance, à envisager de les entraîner spécifiquement pour augmenter les capacités à l'exercice.

Deux grands types de méthodes d'entraînement des muscles respiratoires ont ainsi été développés :

→ d'une part un **entraînement en force ou contre résistance** (consistant en des séries d'inspirations ou expirations répétées contre une résistance élevée) ;

→ d'autre part un **entraînement en endurance ou hyperpnée isocapnique** (ventilation forcée à haut débit maintenue pendant plusieurs minutes).

Les muscles non seulement inspiratoires mais également expiratoires étant fortement sollicités à l'effort, il apparaît important de s'entraîner aussi bien en inspiration qu'en expiration. L'intérêt de l'entraînement en endurance par hyperpnée est probablement sa plus grande proximité avec les conditions de travail de la musculature respiratoire à l'effort, c'est-à-dire des contractions rapides (du fait de la fréquence respiratoire élevée) contre une résistance relativement faible (celle des voies aériennes et de la cage thoracique).

Ces différents types d'entraînement nécessitent tout autant de précision dans leur réalisation que des exercices de renforcement musculaire classiques (contrôle de la vitesse et de l'amplitude de contraction, etc) ; les dispositifs fournissant un feedback sur le rythme et la profondeur respiratoires sont dans ce cadre particulièrement recommandés.

À l'aide de ces différentes méthodes d'entraînement, il a été démontré que l'on pouvait augmenter de façon très significative la force et l'endurance des muscles respiratoires. Ces gains sont observés aussi bien chez le sujet sédentaire que chez l'athlète, indiquant ainsi qu'une pratique sportive même intensive ne permet pas en soi d'atteindre un niveau d'entraînement optimum de la musculature respiratoire. Mais de façon encore plus remarquable, plusieurs études rigoureuses ont montré que **la performance à l'effort est augmentée après une période d'entraînement spécifique des muscles respiratoires**, là encore, aussi bien chez le sujet sédentaire que chez l'athlète. Alors que la consommation maximale d'oxygène (VO2max) reste inchangée, c'est plus spécifiquement les capacités d'endurance qui sont augmentées : Mc Mahon et coll. (3) ont ainsi observé une augmentation moyenne de 20% du temps

*...lorsque les muscles respiratoires fatiguent, les muscles locomoteurs sont moins perfusés et fatiguent alors plus vite à l'effort...*

d'endurance sur cycloergomètre à 85% de la VO<sub>2</sub>max après 4 semaines d'entraînement en endurance des muscles respiratoires ; Volianitis et coll (5) ont eux observé une amélioration moyenne de 36 s pour une épreuve de 5000 m d'aviron (ergomètre) après 11 semaines d'entraînement en force des muscles inspiratoires ; Leddy et coll. (2) ont récemment rapporté une amélioration de 50% du temps d'endurance en course à pied à 80% de la VO<sub>2</sub>max et une diminution de 4% du temps de course sur 4 Miles après 4 semaines d'entraînement en endurance des muscles respiratoires. Dans ces différentes études, un groupe de sujets s'entraînait les muscles respiratoires pendant la période d'étude en plus de ses activités physiques ou entraînements habituels, alors qu'un groupe de sujets témoins maintenait simplement ses activités physiques ou entraînements constants, démontrant ainsi un effet spécifique de l'entraînement des muscles respiratoires sur la performance à l'exercice. Des résultats récents indiquent en outre qu'un entraînement spécifique des muscles respiratoires permet de retarder la fatigue de ces muscles à l'effort, **ce qui suggère que la prévention des effets délétères d'une telle fatigue pourrait constituer le mécanisme sous-jacent à l'amélioration des performances à l'exercice.** En dehors des laboratoires de recherche, de nombreux sportifs amateurs ou professionnels ont maintenant inclus ce type d'entraînement dans leur préparation pour améliorer leur performance ou simplement augmenter leur plaisir à pratiquer.

### **3 - Le système respiratoire chez le patient**

Mais la problématique des muscles respiratoires dépasse largement la seule sphère de la pratique sportive et peut s'avérer également centrale dans le domaine de la pathologie. Dans le cadre de certaines maladies, il peut en effet exister un déséquilibre entre les capacités fonctionnelles

des muscles respiratoires d'une part et la demande ventilatoire d'autre part. Les muscles respiratoires peuvent ainsi présenter une faiblesse fonctionnelle ou une fatigabilité accrue du fait d'un déconditionnement général (manque d'activité physique) mais également du fait d'une dysfonction musculaire associée à la pathologie, comme dans le cadre des maladies neuromusculaires par exemple. La demande ventilatoire (et ainsi le travail respiratoire) peut quant à elle, être accrue d'une part du fait d'un effort physique (comme décrit ci-dessus chez le sujet sain), mais également du fait de contraintes mécaniques anormales imposées au système respiratoire par la maladie, telle qu'une perte de compliance des poumons et de la cage thoracique (déformation de la cage thoracique par exemple) ou une augmentation de la résistance des voies aériennes (obstruction bronchique comme dans le cadre de la broncho-pneumopathie chronique obstructive - BPCO, par exemple). Ainsi, chez le patient, une faiblesse ou fatigabilité anormale des muscles respiratoires et/ou un travail respiratoire anormalement accru peuvent provoquer **un déséquilibre entre capacité et demande ventilatoires.** Ce déséquilibre peut avoir plusieurs conséquences pour le patient. La sensation de dyspnée ou d'inconfort respiratoire, associée en particulier à une fatigue ou faiblesse des muscles respiratoires, est chez certain patient un symptôme central. Un déséquilibre entre capacité et demande ventilatoire diminue également la tolérance à l'effort du patient, et finalement son autonomie et sa qualité de vie. Une faiblesse ou fatigue des muscles respiratoires peut contribuer en outre, selon les pathologies, à une altération des mécanismes de toux et de protection des bronches, participer à la survenue d'anomalie du sommeil en favorisant une dysfonction des voies aériennes supérieures et également, dans des cas de déficiences graves, provoquer une altération des échanges gazeux et une décompensation respiratoire.

### **4 - Entraînement des muscles respiratoires chez le patient**

Dans ce cadre, un entraînement spécifique des muscles respiratoires peut être envisagé afin d'augmenter la capacité des muscles respiratoires et/ou d'en prévenir la détérioration. Les techniques utilisées sont pour l'essentiel comparables à celles décrites ci-dessus chez le sujet sain, avec bien sûr une adaptation des charges de travail aux capacités du patient. L'entraînement contre résistance s'effectue à un pourcentage donné des pressions maximales inspiratoires ou expiratoires du

patient (40 à 60% généralement), alors que les méthodes d'entraînement en endurance imposent un niveau d'hyperpnée représentant un certain pourcentage de la ventilation maximale volontaire du patient (60% généralement). Les programmes d'entraînement peuvent être effectués en centre ainsi qu'à domicile. De nombreuses études ont évalué les effets d'un entraînement des muscles respiratoires dans différentes populations de patients.

L'entraînement des muscles respiratoires a ainsi été appliqué aux pathologies obstructives (BPCO par exemple), restrictives (déformations du rachis), à diverses maladies neuromusculaires (dystrophie de Duchenne, sclérose en plaques, myasthénie), aux lésions médullaires, à l'insuffisance cardiaque, à la mucoviscidose ou encore aux soins péri-opératoires. Scherer et al. (4) ont par exemple évalué dans un groupe de patients BPCO modérés à sévères, l'effet d'un entraînement en endurance des muscles respiratoires, consistant en 2 fois 15 min d'hyperpnée, 5 fois par semaine pendant 8 semaines ; après ce programme d'entraînement, les patients présentaient une augmentation de la force et de l'endurance des muscles inspiratoires et expiratoires, une amélioration de la distance de marche en 6 min (de 615 à 673 m en moyenne) ainsi qu'une réduction de la dyspnée.

Chez l'insuffisant cardiaque, Weiner et al. (6) ont montré de façon comparable que 3 mois d'entraînement contre résistance des muscles inspiratoires, 30 minutes par jour, 6 jours par semaine induit une amélioration de la force et de l'endurance des muscles inspiratoires ainsi qu'une augmentation de la distance de marche en 6 min (de 458 m à 562 m en moyenne) et une réduction de la dyspnée.

De manière générale, les méthodes d'entraînement des muscles respiratoires permettent d'**augmenter significativement la force et l'endurance des muscles respiratoires.** De façon associée, un certain nombre d'études ont montré une **amélioration de la fonction respiratoire et une diminution de la dyspnée au repos ainsi qu'à l'effort.** D'autres ont également montré spécifiquement une **amélioration de la tolérance à l'effort** suite à ce type d'entraînement, l'impact précis sur la réponse à l'exercice du patient restant cependant encore à clarifier. De manière générale, même si le profil des patients susceptibles de bénéficier le plus de ce type de prise en charge reste à préciser, la présence d'une faiblesse des muscles respiratoires et/ou d'une dyspnée ou essoufflement anormal constituent des éléments en faveur de la réalisation d'un entraînement des muscles respiratoires.

## Les muscles respiratoires chez le sujet sain et le patient : nécessitent-ils un entraînement spécifique ?

### Conclusion

La place du système respiratoire dans la limitation à l'effort a été largement réévaluée ces dernières années. Les muscles respiratoires apparaissent en particulier tenir un rôle non négligeable parmi les facteurs limitant la performance, l'entraînement spécifique de ces muscles, ouvrant ainsi de nouvelles pistes pour accroître les capacités d'endurance du sportif. Chez le malade, une faiblesse des muscles respiratoires et/ou une altération de la mécanique respiratoire peuvent faire de la difficulté respiratoire un élément clef du tableau clinique, la dyspnée et l'intolérance à l'effort contribuant en particulier à une qualité de vie altérée. Dans ce cadre, un entraînement spécifique des muscles respiratoires en parallèle des activités de réhabilitation classiques, peut permettre d'augmenter les capacités fonctionnelles de ces muscles et ainsi, potentiellement, d'améliorer la fonction respiratoire et la tolérance à l'effort. ■

### Bibliographie

- [1] Harms CA, Wetter TJ, St Croix CM, Pegelow DE, and Dempsey JA. *Effects of respiratory muscle work on exercise performance.* J Appl Physiol 89: 131-138, 2000.
- [2] Leddy JJ, Limprasertkul A, Patel S, Modlich F, Buyea C, Pendergast DR, and Lundgren CE. *Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners.* Eur J Appl Physiol, 2007.
- [3] McMahon ME, Boutellier U, Smith RM, and Spengler CM. *Hyperpnea training attenuates peripheral chemosensitivity and improves cycling endurance.* J Exp Biol 205: 3937-3943, 2002.
- [4] Scherer TA, Spengler CM, Owas-sapian D, Imhof E, and

Boutellier U. *Respiratory muscle endurance training in chronic obstructive pulmonary disease: impact on exercise capacity, dyspnea, and quality of life.* Am J Respir Crit Care Med 162: 1709-1714, 2000.

➤ [5] Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, and Jones DA. *Inspiratory muscle training improves rowing performance.* Med Sci Sports Exerc 33: 803-809, 2001.

➤ [6] Weiner P, Waizman J, Magadle R, Berar-Yanay N, and Pelled B. *The effect of specific inspiratory muscle training on the sensation of dyspnea and exercise in patients with congestive heart failure.* Clin Cardiol 22: 727-732, 1999.

# SPIRO TIGER®

Entraînement respiratoire pour une performance accrue

Informations : [www.spirotiger.fr](http://www.spirotiger.fr)  
contact : [spirotiger@sleepinnov.com](mailto:spirotiger@sleepinnov.com)  
Sleepinnov Technology : 04 76 35 77 63

**SpiroTiger Médical**

- Diminution de l'essoufflement, grâce à une coordination musculaire améliorée.
- Une meilleure expectoration du mucus.
- Une musculature du thorax renforcée.
- Une productivité corporelle améliorée.

**SpiroTiger Sport**

- Augmentation de l'endurance et de la performance.
- Amélioration de la coordination du système respiratoire.
- Entraînement ménageant le cœur et le système cardio-vasculaire.
- Contrôle personnel de l'évolution de la performance.