

Anatomophysiologie respiratoire

Dominique DELPLANQUE

Physio respi MK1 004

Physiologie à l'effort

La contraction musculaire: sources d'énergie

L'ATP, énergie nécessaire à la contraction:

$ATP \rightarrow ADP + P_i + E$ (utilisée pour la contraction)

Trois voies de synthèse de l'ATP:

Voie métabolique anaérobie alactique

Voie métabolique anaérobie lactique

Voie métabolique aérobie

Physiologie à l'effort

Voie anaérobie alactique

Au début exercice, réserve ATP faible.

La poursuite de l'effort est réalisé par le renouvellement de l'ATP à partir des réserves de créatine phosphate



S'effectue sans O_2 et sans augmentation notable d'acide lactique

Avec le prolongement de l'exercice, processus anaérobie lactique et aérobie

Physiologie à l'effort

Voie anaérobie lactique

Dégradation du glycogène en acide lactique qui s'accompagne de la synthèse de 3 molécules d'ATP.

Cette voie se caractérise par l'absence d'O₂ et son faible rendement et par l'accumulation d'acide lactique (↘ Ph)

Cette voie intervient au début exercice et lors d'exercices lorsque la voie aérobie n'apporte plus assez d'énergie

Physiologie à l'effort

Voie aérobie

En présence d'O₂, oxydation dans la mitochondrie de substrats glucidiques (36 ATP) et lipidiques (130 ATP).

Déchets: CO₂ et H₂O

Cette voie se caractérise par son haut rendement, l'absence de production d'acide lactique mais nécessite un apport d'O₂ suffisant.

Physiologie à l'effort

Les différentes fibres musculaires

- Fibres de type I, à contraction lente ont un métabolisme oxydatif (aérobie), contiennent un nombre élevé de mitochondries et de capillaires, riches en triglycérides.
- Contraction lente qui débute immédiatement.
- Fibres peu fatigables sollicitées dans les exercices aérobies ou de longues durées.

Physiologie à l'effort

Les différentes fibres musculaires

Fibres de type II, à contraction rapide ont un métabolisme anaérobie, pauvreté relative en mitochondries, en capillaires et en enzymes oxydatifs, riche en glycogène.

Contractions rapides et de forte intensité

Fibres fatigables sollicitées dans des efforts brefs et intenses.

Fibres IIa et IIb

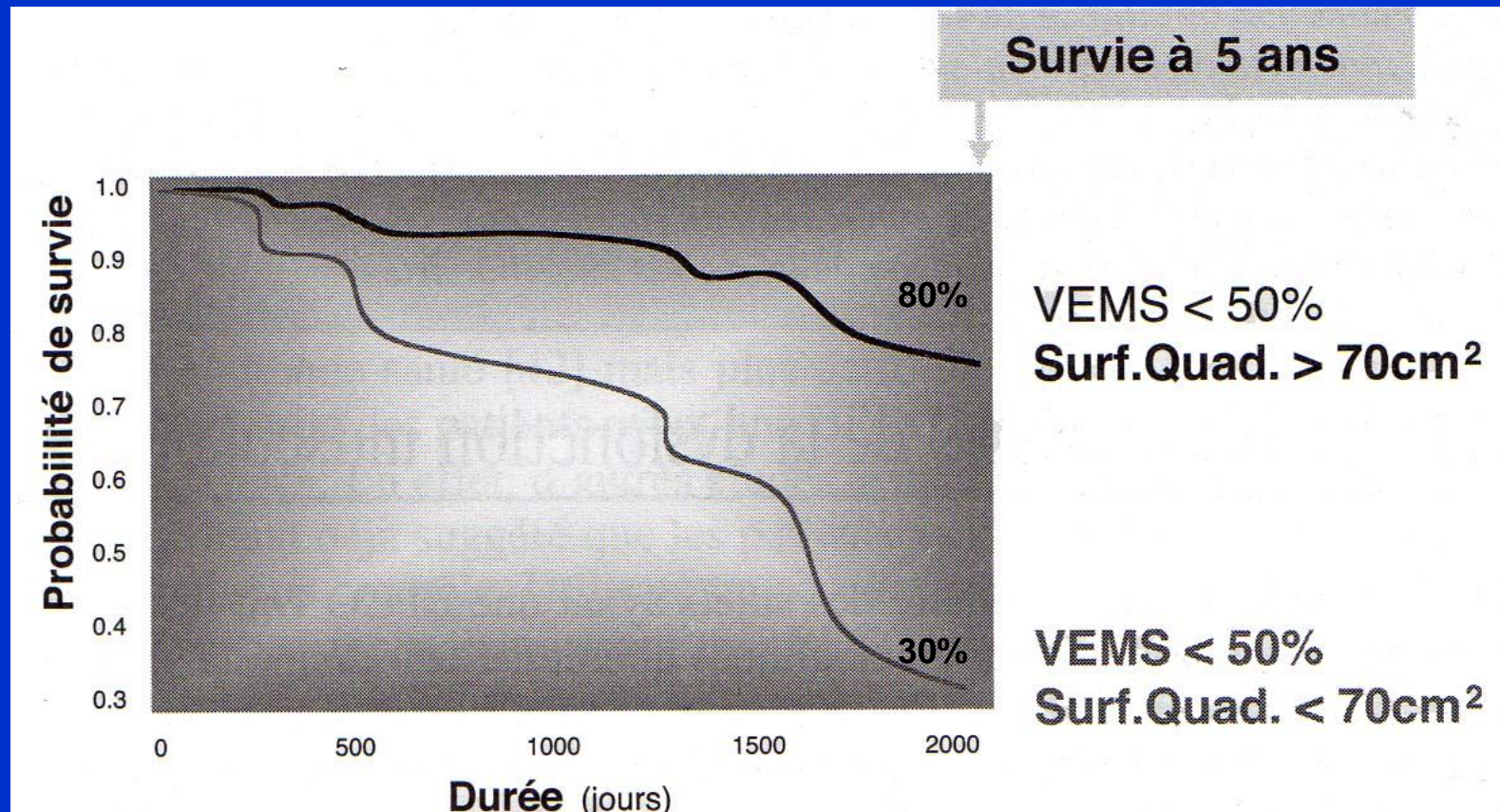
Physiologie à l'effort

Les différentes fibres musculaires

Fibres IIa, fibres intermédiaires avec propriétés métaboliques mixtes (oxydatives et glycolytiques) présentent une résistance plus élevée à la fatigue

Fibres IIb, fibres rapides pures, exclusivement anaérobies, présentent une faible résistance à la fatigue.

Espérance de vie et fonction musculaire



Marquis et col., AJRCCM, 2002

Evaluation de la force musculaire

- La force maximale volontaire isométrique du quadriceps est relativement simple à mesurer et doit être intégrée au bilan fonctionnel des patients entrant dans un programme de réhabilitation respiratoire.
- En pratique, cette force, mesurée en condition isométrique, doit se faire chez un sujet assis, genou fléchi à 90°. Le segment jambier est alors relié à une jauge de contrainte mécanique (type « banc de Koch ») ou associée à une mesure digitalisée, voire avec un dynamomètre maintenu à la main par l'opérateur.

Evaluation de la force musculaire

- La mesure retenue est généralement la meilleure de 3 mesures, reproductibles à 10% près, obtenue avec des encouragements verbaux soutenus.

-

- **IL existe des normes françaises récentes :**

Hogrel JY, Payan CA, Ollivier G. et col. Development of a French isometric strength normative database for adults using quantitative muscle testing. Arch. Phys. Med. Rehabil., 2007, oct;88 (10): 1289-97.

Evaluation endurance musculaire

- Temps pendant lequel un sujet peut maintenir un effort donné à un certain pourcentage de la force maximale.
- Sur le plan physiologique, la mesure de l'endurance traduit certainement mieux le profil oxydatif du muscle étudié, ce qui est particulièrement important dans la BPCO.

Evaluation endurance musculaire

- 2 modalités de mesure de l'endurance quadricipitale en pratique clinique, utilisant un simple banc de musculation (C. Préfaut).
 - Une *mesure dynamique* : réalisée à 30% de la FMV, 6 contractions/min. La fatigue (qui arrête le test) est établie quand le mouvement n'est pas complet trois fois de suite avec stimulation verbale. Il faut à nouveau mesurer la force qui doit avoir diminué de 10% au moins.
 - Une *mesure statique* : réalisée à 60% de FMV tenue le plus longtemps possible. Le temps est atteint quand le patient ne tient que 50% de FMV : on parle de « temps de fatigue » (souvent de 20 secondes chez les BPCO).

Evaluation endurance musculaire

- **Christian Préfaut rappelle que le temps d'endurance est l'évaluation la plus discriminante de la fonction musculaire et de l'espérance de vie chez les BPCO.**

[8èmes journées francophones Alvéole –Lyon Palais des congrès 12 et 13 mars 2010]

Impact de la sédentarité

- Un des facteurs principaux de désadaptation à l'effort.
- Limite inférieure: niveau d'activité physique quotidien représentant une dépense énergétique inférieure à 150 calories
- Et si l'atteinte musculaire était à l'origine de l'inactivité?
- Sédentarité et maladie inflammatoire systémique

Evaluation de l'activité physique

- **« Ensemble des mouvements corporels produits par la mise en action des muscles squelettiques et entraînant une augmentation substantielle de la dépense énergétique au dessus du métabolisme de repos ».** [Caspersen et al. Public Health Rep 1985]
- **« Totalité des mouvements volontaires produits par les muscles squelettiques au cours du fonctionnement quotidien ».** [Steele et al. J. Rehabil. Res. Dev. 2003]

Evaluation de l'activité physique

- **L'inactivité physique est actuellement considérée comme une conséquence de la dyspnée dans les maladies respiratoires chroniques et comme la cause principale de la désadaptation périphérique.**

Evaluation de l'activité physique

Méthodes de mesure

- **Mesures déclaratives**
 - Journal
 - Questionnaire
- **Mesures objectives**
 - Observation
 - Calorimétrie directe ou indirecte
 - Enregistrement de la Fréquence cardiaque
 - Détecteurs de mouvements
 - Podomètre
 - Accéléromètre

Adaptation cardio-respiratoire à l'effort

- Lors d'un effort prolongé, nécessité d'un apport suffisant d'O₂ aux tissus musculaires
- Puis extraction tissulaire: différence de concentration en O₂ entre sang artériel et sang veineux
- L'ajustement à un effort de l'appareil cardio-respiratoire se caractérise alors par la VO₂, résumé par l'équation de Fick

$$VO_2 = QC \times d(a-v)O_2$$

Adaptation cardio-respiratoire à l'effort

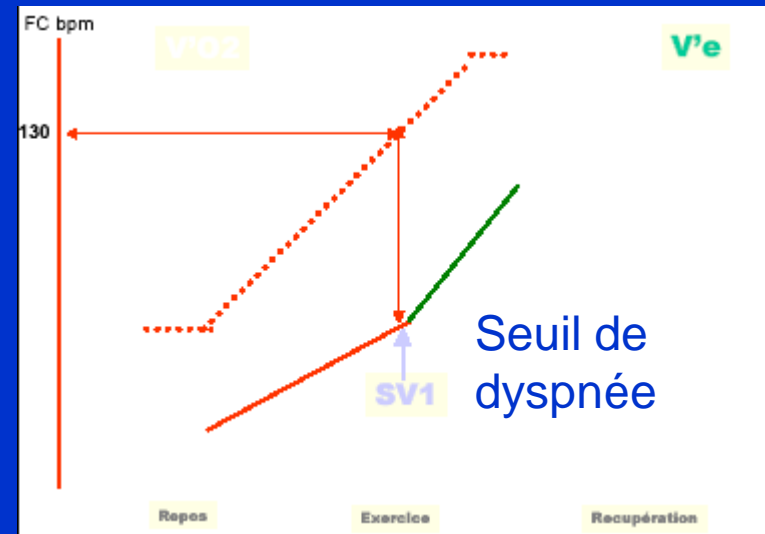
$$VO_2 = VES \times FC \times (Ca-Cv)O_2$$

- S'adapter à un effort peut se faire en augmentant:
 - La V_E pour enrichir le sang en O_2 (thorax/poumon)
 - Le VES (myocarde)
 - La FC (adaptation à l'effort)
 - $(Ca-Cv)O_2$ (musculature)
- La VO_2 augmente proportionnellement à l'augmentation de l'effort jusqu'à un maximum, la VO_{2max}
- Donc l'effort est dépendant du débit cardiaque et des possibilités d'extraction d'oxygène

Adaptation cardio-respiratoire à l'effort

Épreuve d'effort cardio-respiratoire

- Lors d'un exercice à charge constante, la V_E augmente linéairement avec la puissance.
- Si la puissance continue à augmenter, première cassure sur la courbe de V_E : SV1
- SV1 est situé entre 50 et 60% de la $VO_2\max$
- Augmentation des lactates, tamponnés par les bicarbonates pour donner de l'acide carbonique, induisant une stimulation de la ventilation.



Une 2^{ème} cassure apparaît lors de la poursuite de l'effort, située à 80, 90% de la $VO_2\max$, due à une acidose par accumulation de lactates, le pouvoir tampon du bicarbonates devenant insuffisant

Épreuve d'effort cardio-respiratoire chez le patient BPCO

- Permet d'estimer la tolérance à l'effort pour élaborer un programme de réentraînement personnalisé en déterminant:
 - La puissance et la fréquence cardiaque cible au seuil SV1, seuil de dyspnée. Ce niveau de charge personnalisé détermine l'intensité à laquelle le patient sera réentraîné.
 - La SpO₂, qui permet de déterminer une éventuelle oxygénothérapie.
 - La FC maximale atteinte au cours de l'épreuve qui ne devra pas être dépassé lors de la rééducation
 - L'absence de contre indications au réentraînement

Le test de marche de 6minutes

- **Corrélation entre la distance parcourue et la $VO_2\text{max}$** (Teramoto s., Ohga E., Eur Respir J 2000)
- **Le TDM6 consiste à mesurer la SpO_2 , l'intensité de la dyspnée, la fréquence cardiaque et la distance parcourue.**
- **La fréquence cardiaque cible pour le réentraînement à l'exercice est déterminée à partir de l'âge de la personne, de la FC de plateau (moyenne de la FC des 3 dernières minutes du test) et de la distance parcourue.**

Le test de marche de 6minutes

Il est indispensable d'expliquer au patient les objectifs et modalités pratiques du test. Il doit parcourir la plus grande distance possible en six minutes.

Organisation du parcours

- **Débarrassé d'obstacles, plat et être suffisamment long pour réduire le nombre de demi-tours.**
- **Le parcours doit être étalonné, marquage tous les 3 mètres.**

Matériel

- **Une chaise déplaçable**
- **Un portable O2 à débit continu + Chariot + Lunettes O2**
- **Un débitmètre**
- **Un oxymètre porté par le patient**
- **Une EVA**

Le test de marche de 6minutes

- Le patient est invité à marcher d'un bon pas en tolérant des arrêts si cela lui semble indispensable.
- Habituellement, en France, pas d'encouragement verbal, il est indiqué au patient le temps restant à chaque minute (ton neutre) : « *Il vous reste X minutes* ». Le patient peut utiliser une aide technique habituelle (canne, déambulateur,..).
- Néanmoins, les recommandations de 2005 sur la réhabilitation respiratoire (Abdel-Kafi S) ont intégré et traduit les encouragements standardisés proposés dans les recommandations nord-américaines.

Le test de marche de 6minutes

Comparaison de la distance parcourue aux valeurs « normales »
établies par algorithmes: *Formules de Troosters* :

$$D_{théo} = 218 + (5.146T - 5.326A) - (1.806P + 51.316sex)$$

$$\text{Homme} = 0 \text{ Femme} = 1 \text{ SD} = \pm 56m$$

Détermination de la FC au seuil :

La moyenne de la fréquences cardiaques des 3 dernières mn du
test = FC_{plateau}.

D: distance parcourue:

$$F_{cseuil} = (0,75 \times F_{cplateau}) - (0,03 \times D) - (0,32 \times \text{âge}) + 64,4$$

(Bonnet, Alvéole, 2000)

Autres tests

- **Le test navette**
- **Le test d'escalier**
- **Le step test de 3 minutes**
- **Le step test de 6 minutes**
- **Le test sur stepper de 6 minutes**

Temps d'endurance

- **Sur une ergomètre, demander au patient un effort constant à 80% de la puissance maximale atteinte au cours de son épreuve fonctionnelle d'exercice initiale.**
- **Paramètre mesuré: durée qu'il est capable de tenir à ce niveau d'effort.**
- **Test utile en réhabilitation respiratoire: plus sensible qu'un test de puissance et réalisable en cabinet de kinésithérapie.**

[Van't'Hul A, J Cardiopulm Rehab 2003]

Références

- Recommandations de la société de pneumologie de langue française sur la réhabilitation du malade atteint de BPCO en France, Rev Mal Respir, 2010, 27, 522-48
- American thoracic society. Pulmonary rehabilitation- 1999. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 1999, 159, 1666-82
- Similowski T., Muir JF., Derenne JP.: Physiopathologie In: Les bronchopathies chroniques obstructives. Paris, John Libbey Eurotext, 1999
- Préfaut C. Concept de maladie primaire et de maladie secondaire ou est-il possible d'améliorer la dyspnée d'effort? In: le réentraînement à l'effort, sous la direction de Hérisson C., Préfaut C. et Notzki N., Paris, Masson, 1995, pp17-21
- Prefaut C, Ninot G, La réhabilitation du malade respiratoire. Masson, Paris, 2009

• Références

- Maltais F., Leblanc P., Jobin J., Casaburi R. Dysfonction musculaire périphérique dans la bronchopneumopathie chronique obstructive. Rev. Mal. Respir.2002, 19, 444-53
- Lacasse Y, Wong E, Guyatt GH et al. Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. Lancet, 1996, 348, 1 115-9
- Nici L, Donner C, Wouters T et al. ATS/ERS statement of pulmonary réhabilitation. Am J Respir Crit Care Med, 2001, 173, 1 390-413
- Abdel-Kafi S et Deboeck G. Question 3.7 Le test de marche de 6 minutes en réhabilitation respiratoire. Rev Mal Respir 2005 ; 22:7S54-7S58.
- Van't'Hul A, Gosselink R and Kwakkel G. Constant-load cycle endurance performance. Test-retest reliability and validity in patients with copd. J Cardiopulm Rehab 2003 ;23 :143-150.

Références

- Puhan MA, Scharplatz T, Troosters T et al. Respiratory rehabilitation after acute exacerbation of COPD may reduce risk of readmission and mortality – a systematic review. *Respir Research*, 2005, 6:54 DOI :10, 1186/ 1465-9921-6-54
- Griffiths TL, Phillips CJ, Davies S et al. Cost effectiveness of an out patient multidisciplinary pulmonary rehabilitation program, *Thorax*, 2001, 56, 779-84
- Vuillemin A. Comment quantifier l'activité physique dans les maladies respiratoires et utiliser cette mesure en pratique quotidienne ? in Préfaut C, Ninot G, *La réhabilitaion du malade respiratoire chronique*. Paris, ed Masson 2009 ; 151-161.
- Hogrel JY et al. Development of a French Isometric Strength Normative Database for adults using quantitative muscle testing. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:1289-1297.