



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



SÉRIE THÉMATIQUE « EXERCICE ET RÉADAPTATION RESPIRATOIRE »
coordonnée par F Costes GT Alvéole, A

Quels tests physiques pour quels objectifs en réadaptation respiratoire ?

Which physical tests for which objectives in pulmonary rehabilitation?

D. Saey^{a,b,*}, A. Bellocq^{c,d}, S. Gephine^{b,e}, A. Lino^f,
G. Reyhler^{g,h}, E. Villiot-Dangerⁱ

^a Département de réadaptation, faculté de médecine, université Laval, Québec, Canada

^b Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec-Université Laval, 2725, chemin Sainte-Foy, Pavillon U 4766, G1 V 4G5 Québec, Canada

^c Service des explorations fonctionnelles de la respiration, de l'exercice et de la dyspnée, département médico-universitaire « APPROCHES », Sorbonne Université, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière-Charles-Foix, hôpitaux universitaires Pitié-Salpêtrière, AP-HP, Paris, France

^d Inserm, Sorbonne Université, UMRS1158 Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique, Paris, France

^e Univ. Lille, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, 59000 Lille, France

^f Centre médical de Bayère, 30, route du Vieux-Château, 69380 Charnay, France

^g Université catholique de Louvain-UCLouvain, Louvain, Belgique

^h Institute of Experimental and Clinical Research (IREC), Louvain, Belgique

ⁱ Centre des maladies respiratoires Les Acacias, Briançon, France

Reçu le 29 septembre 2020 ; accepté le 25 janvier 2021

MOTS CLÉS

BPCO ;
Réhabilitation
respiratoire ;
Méthodes ;
Évaluation ;
Test de terrain ;
Épreuve sur
cyclo-ergomètre

Résumé Les maladies respiratoires chroniques s'accompagnent souvent de nombreuses comorbidités qui contribuent à la diminution de la capacité à l'exercice et d'une altération des capacités fonctionnelles et musculaires qui affectent la qualité de vie des personnes qui en sont atteintes et qui peuvent toutes être améliorées par la réadaptation respiratoire. Dans le contexte de la réadaptation, l'évaluation de ces pertes de capacité et de fonction avec des tests appropriés et sensibles au changement est nécessaire afin de personnaliser les différentes interventions physiques et d'en évaluer l'efficacité à court et à long terme. Le clinicien dispose actuellement d'un large éventail de tests et mesures pour juger de la capacité physique et fonctionnelle des personnes ayant une maladie respiratoire chronique. Cette revue a pour but

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : didier.saey@rea.ulaval.ca (D. Saey).

<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2021.04.001>

0761-8425/© 2021 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

de faire une synthèse pragmatique des tests de capacité physique, fonctionnelle et musculaire les plus couramment utilisés dans un contexte de réadaptation respiratoire. Ultiment, elle devrait aider le clinicien à cibler les évaluations pertinentes en fonction des objectifs de la personne et de son parcours de soins, mais aussi en fonction des ressources disponibles, du lieu de réalisation et des qualités spécifiques de chacun des tests.

© 2021 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS

COPD;
Pulmonary
rehabilitation;
Method;
Assessment;
Exercise and
functional test;
muscle assessment

Summary Chronic respiratory disease is a major cause of morbidity and mortality worldwide and an important cause of disability including a reduction of exercise, functional and muscle capacity contributing to a decreased quality of life. In the context of pulmonary rehabilitation, a thorough patient-centered outcome assessment, including not only measures of lung function, but also exercise functional and muscle capacity, is imperative for a comprehensive disease management. Assessment of these impairments and dysfunctions with appropriate and change-sensitive procedures is thus necessary for personalizing the physical interventions and assessing the short- and long-term effectiveness of the intervention. The clinician currently has a wide variety of tests and measurements available to assess the physical and functional capacity of people with chronic respiratory disease. The aim of this review is to provide a pragmatic synthesis of the physical, functional and muscle capacity tests most commonly used in pulmonary rehabilitation. Ultimately, it should help the clinician to identify the relevant evaluations according to the objectives of the patients but also according to the available resources, the setting of pulmonary rehabilitation and the specific qualities of each test.

© 2021 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Les maladies respiratoires chroniques sont avant tout des pathologies altérant la fonction respiratoire qui se manifestent par un essoufflement de plus en plus invalidant. Cependant, les personnes qui en souffrent présentent souvent des comorbidités telles que des maladies cardiovasculaires et une dysfonction musculaire qui contribuent à la diminution de leur capacité à l'exercice, de leur participation aux activités de la vie quotidienne et de leur qualité de vie [1]. Pierre angulaire de la prise en charge des maladies respiratoires chroniques, la réadaptation respiratoire, telle que définie par la Société de pneumologie de langue française (SPLF), est un ensemble de soins personnalisés, dispensés au patient par une équipe transdisciplinaire ayant pour objectifs de réduire les symptômes, d'optimiser les conditions physiques et psychosociales et de diminuer les coûts de santé [2].

Parce que la réadaptation respiratoire vise également à améliorer la capacité des patients à effectuer les tâches quotidiennes et à remplir leurs rôles sociaux, il est crucial d'utiliser des outils de mesure centrés sur la fonctionnalité du patient, qui vont au-delà de l'évaluation des structures et des fonctions physiologiques, tels que les débits expiratoires et la condition cardiorespiratoire [3]. À cet effet, l'organisation mondiale de la santé recommande l'utilisation de la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) pour évaluer globalement l'expérience de santé des patients vivant avec des conditions de santé spécifiques [10,11]. Cette

classification reflète le modèle biopsychosocial dans une vision unifiée des différentes dimensions de la santé [11]. Comme l'illustre la Fig. 1, le cadre de la CIF présente le fonctionnement et le handicap de la personne avec un état de santé donné comme l'interaction entre cinq domaines différents : les fonctions et structures corporelles, les activités, la participation et les facteurs environnementaux et personnels [3].

Dans le domaine de la réadaptation respiratoire, cette classification reflète l'importance d'utiliser le bon test pour le bon domaine d'intérêt. Ainsi, certains tests tels que la mesure des débits expiratoires et de la condition cardiorespiratoire fournissent de l'information pertinente sur les fonctions et les structures des différents systèmes corporels, alors que des tests de capacités fonctionnelles renseignent sur les limitations qu'un individu éprouve lors de l'exécution d'une tâche particulière (activité) dans un environnement contrôlé (par exemple, se tenir debout, se lever d'une chaise, marcher en changeant de direction, déplacer des objets) [11]. Bien que les facteurs environnementaux et personnels, associés à la maladie ont un impact significatif sur le statut fonctionnel et la participation aux activités quotidiennes, ils ne seront pas évoqués dans ce travail, qui souhaite mettre davantage l'accent sur les aspects physiques du statut fonctionnel des personnes ayant une maladie respiratoire chronique.

Dans le contexte de la réadaptation respiratoire, à l'évaluation de la fonction pulmonaire doit s'associer celle de l'ensemble des capacités physiques (qui fait référence à la réponse physiologique maximale ; ex : la consommation

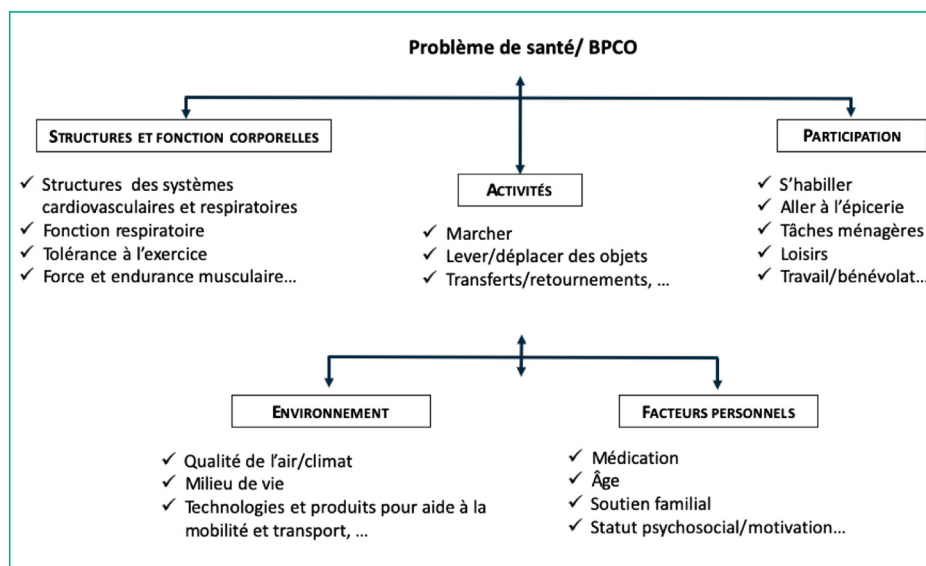


Figure 1. Représentation schématique du tableau de la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé dans le contexte maladies respiratoires chroniques et adaptée du modèle de Stucki et al. [3].

maximale d’oxygène, la fréquence cardiaque maximale) et fonctionnelles (qui fait référence au potentiel d’une personne à réaliser une activité de la vie quotidienne dans un environnement standardisé ; ex : monter des escaliers, se lever d’une chaise, marcher et changer de direction). En permettant l’identification des limitations spécifiques dans les tâches qui sont pertinentes pour la vie quotidienne de l’individu, les tests de capacités fonctionnelles devraient conduire à des interventions mieux individualisées comme la mise en place d’exercice d’équilibre, de posture ou de marche.

Le clinicien dispose actuellement d’un large éventail de tests et mesures pour juger de la capacité physique et fonctionnelle des personnes ayant une maladie respiratoire chronique. Cependant aucun de ces tests ne permet à lui seul d’évaluer l’ensemble du statut fonctionnel de ces personnes. Le choix de l’utilisation de chacun de ces tests repose donc sur les objectifs spécifiques de l’évaluation des déficiences (atteintes des structures et du fonctionnement physiologique) et des incapacités (limitation des capacités de l’individu à réaliser une tâche) que le clinicien veut évaluer et de son contexte d’évaluation.

Le test d’exercice cardiorespiratoire tel que l’épreuve fonctionnelle à l’exercice à charge croissante (EFX), constitue assurément la norme physiologique permettant l’évaluation de la capacité d’exercice maximale et de la tolérance à l’effort des personnes ayant une maladie respiratoire chronique [4]. Particulièrement utiles pour établir le pronostic en termes de probabilité d’exacerbations et d’hospitalisations, les EFX aident aussi au diagnostic de la tolérance à l’exercice et de ses limites et permettent de fixer les paramètres du réentraînement adaptés aux capacités physiques et aux besoins de chaque individu.

Plus simples, moins coûteux et plus pragmatiques, les tests de terrain tels que les tests de marche, de montée d’escaliers ou de lever de chaise ont progressivement été adoptés par le monde de la réadaptation respiratoire pour évaluer la capacité fonctionnelle à l’exercice des

personnes ayant une maladie respiratoire chronique [5,6]. Cependant, comme les limitations dans les activités de la vie quotidienne des personnes ne se restreignent pas seulement à une diminution de leur capacité maximale ou de leur capacité fonctionnelle à l’exercice [7], un intérêt croissant est apparu depuis quelques années, tant dans la communauté clinique que dans la communauté scientifique, pour l’utilisation de tests de capacité fonctionnelle. Ces derniers permettent de quantifier des déficiences fonctionnelles comme les transferts, les changements de position, l’équilibre et la vitesse de marche et ce, particulièrement pour les personnes plus fragiles ou en perte d’autonomie.

Les dernières mises à jour des guides de pratique français et internationaux recommandent aussi qu’en raison de son importance clinique, la fonction musculaire soit systématiquement évaluée dans un contexte de réadaptation respiratoire [1,8]. Ainsi, les caractéristiques de la fonction musculaire telles que la force, l’endurance et la puissance devraient être évaluées à l’aide de protocoles validés qui nécessitent des dispositifs allant de l’utilisation du poids du corps à des dynamomètres informatisés, selon les objectifs visés et les équipements disponibles [9–11].

Basée sur les données probantes, cette revue examine les tests de mesure de la capacité physique et fonctionnelle les plus couramment utilisés en réadaptation respiratoire, afin de donner aux cliniciens les outils leur permettant une évaluation utile à leur pratique clinique et au suivi des patients.

Les tests de mesure de la capacité à l’exercice sur ergocycle

L’évaluation de la capacité d’exercice sert à quantifier le degré d’intolérance à l’exercice, élément de sévérité de la maladie respiratoire chronique. La mesure de la capacité maximale, en intensité ou en durée, peut être mise en relation avec le vécu (participation aux activités du quotidien) et le ressenti de la personne (handicap perçu selon

les exigences physiques de la personne dans sa vie socio-professionnelle). Cette capacité maximale peut être jugée sur l'intensité, lors de l'EFX avec mesure de la $\dot{V}O_2$ max, ou sur la durée à une intensité donnée lors de l'épreuve fonctionnelle à puissance constante.

L'épreuve fonctionnelle à l'exercice à charge croissante

La $\dot{V}O_2$ pic mesurée lors de l'EFX à charge croissante, exprimée en $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ et sa déduction en unité métabolique (MET, multiple de la $\dot{V}O_2$ de repos) donne une indication de la capacité des personnes à réaliser des activités de la vie quotidienne relativement confortablement. De nombreux tableaux mettent en relation diverses activités physiques et le niveau de $\dot{V}O_2$ requis pour ces activités [12].

Seule l'EFX incrémentale accompagnée de mesures des échanges gazeux et du monitoring cardiaque permet, de par sa standardisation et la multiplicité des paramètres physiologiques mesurés, une analyse suffisamment précise des facteurs limitant l'effort. Toutefois, l'altération de certains paramètres ou de leur cinétique durant l'épreuve, peut manquer de spécificité et relever de différentes limitations de fonctions ou d'organes. Les sociétés européenne et américaine auxquelles nous renvoyons les lecteurs intéressés ont établi des synthèses concernant la standardisation de la procédure et l'interprétation de l'EFX [4, 13].

Concernant les adaptations ventilatoires, l'analyse des paramètres ventilatoires et des échanges gazeux permet de mieux comprendre les mécanismes de la dyspnée. L'EFX permettra d'objectiver s'il existe ou non une limitation (réserve ventilatoire entamée ou épuisée) et des inadaptations ventilatoires (hyperventilation par rapport au degré d'exercice, inadaptation du mode ventilatoire). La limitation ventilatoire et certaines inadaptations ventilatoires comme le défaut de recrutement du volume courant par distension dynamique ou par trouble ventilatoire restrictif, se retrouvent nécessairement fréquemment chez les personnes candidates à une réadaptation respiratoire du fait du déficit ventilatoire diagnostiqué sur les épreuves fonctionnelles respiratoires. La mise en évidence de certaines inadaptations ventilatoires peut induire des adaptations du programme physique et/ou éducatif.

Le degré d'hyperventilation sera évalué en fonction de l'élévation de la ventilation par rapport à la puissance ou par rapport à la $\dot{V}O_2$ ou $\dot{V}CO_2$. Cette hyperventilation peut être la conséquence d'une proportion anormalement élevée du volume de l'espace mort dans le volume courant, l'augmentation de la ventilation est alors métaboliquement adaptée pour maintenir une ventilation alvéolaire suffisante et donc des échanges gazeux normaux. Bien que l'hyperventilation soit souvent multifactorielle, elle peut aussi être disproportionnée ou inappropriée par rapport aux besoins métaboliques ; cela rend compte d'un défaut du comportement ventilatoire dénommé aussi syndrome d'hyperventilation.

L'hyperventilation n'est pas un obstacle au réentraînement à l'exercice mais le programme physique doit alors intégrer un travail important d'apprentissage de la gestion et du contrôle ventilatoire à l'effort pour optimiser les résultats [14].

La distension dynamique, responsable de l'augmentation de la charge inspiratoire bronchique est un élément majeur expliquant l'intolérance à l'effort des patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO). L'apparition d'une distension dynamique ou l'aggravation d'une distension déjà présente au repos se traduit par une élévation insuffisante du volume courant à l'effort, qui normalement augmente aux alentours de 50–60 % de la capacité vitale. Elle est détectée à l'EFX par l'enregistrement de quelques volumes courants suivis d'une manœuvre de capacité inspiratoire au repos puis à intervalle régulier pendant l'exercice. En cas de distension, la capacité inspiratoire stagne voire chute au fur et à mesure de l'exercice, entraînant en parallèle, une restriction de l'élévation du volume courant et un épuisement du volume de réserve inspiratoire. La dyspnée engendrée quand le volume de réserve inspiratoire s'abaisse en dessous de 500 mL, peut mener à une suffocation générée par une distension maximale du thorax, souvent nommée blockpnée, entraînant rapidement l'arrêt de l'effort. La constatation d'une distension importante limitant l'exercice dans sa durée peut amener, d'une part, à vérifier si le traitement broncho-dilatateur est optimal, et d'autre part, à adapter les protocoles d'entraînement en endurance vers la pratique d'un travail en fractionné ou interval-training permettant un temps de travail endurant cumulé suffisant et mieux toléré chez ces patients [15].

Grâce à la mesure de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle et du tracé électrocardiographique, l'EFX permet non seulement d'éliminer un état cardiovasculaire limitant l'entraînement voire le rendant risqué ou infructueux mais aussi d'évaluer l'adaptation ou l'inadaptation cardio-vasculaire à l'exercice. On peut observer une diminution du pouls maximal d'oxygène ou un plafonnement de sa cinétique en rapport avec une limitation cardio-vasculaire, une insuffisance de la montée en fréquence cardiaque -insuffisance chronotrope- ou en pression artérielle systolique -insuffisance hémodynamique- liée ou non à un traitement, des anomalies électrocardiographiques de rythme ou de repolarisation [16]. Ces anomalies selon le contexte et leur ampleur peuvent inciter à d'autres explorations cardiovasculaires voire à des ajustements thérapeutiques (médicament chronotrope négatif, anti-hypertenseur). Si elles sont modérées ou en cas de négativité des explorations, certaines anomalies peuvent être mises sur le compte d'un désentraînement ou d'un déconditionnement. Une insuffisance chronotrope et/ou hémodynamique est importante à mettre en évidence et à corriger si possible car, par l'insuffisance de perfusion musculaire qu'elle entraîne, elle peut entraver la bonne marche du réentraînement à l'exercice et de ses bénéfices musculaires.

Toutefois, avant une réadaptation respiratoire, comme l'ECG d'effort, l'EFX peut se révéler peu sensible dans le dépistage des pathologies cardio-vasculaires chez les patients insuffisants respiratoires chroniques, limités avant tout à l'exercice par leur ventilation. Aussi, indépendamment de ces tests d'effort, un avis et bilan cardiologiques doivent être menés selon les facteurs de risque, antécédents et la symptomatologie du patient.

Enfin l'analyse de l'oxygénation à l'effort par simple oxymétrie de pouls ou de façon plus fiable par gazométrie artérielle ou capillaire artérialisée peut, en cas d'anomalies

significatives voire sévères, mener à juger de l'opportunité d'adapter pendant le réentraînement une oxygénothérapie, voire un support ventilatoire de type ventilation non invasive.

L'EFX est aussi un test particulièrement utile pour déterminer les paramètres du réentraînement à l'effort dans le contexte de la réadaptation respiratoire. À ce titre, l'ATS/ERS recommande de faire pratiquer un entraînement à une puissance cible d'au moins 60 % de la puissance maximale réalisée pendant le test d'effort incrémental afin d'optimiser les effets [17]. En effet, même si les effets du réentraînement de plus faible intensité ne sont pas négligeables chez les personnes ayant une maladie respiratoire chronique, les études montrent que plus l'entraînement est intense, plus les effets en sont importants [18,19]. Le niveau d'intensité peut être déterminé sur la base de la puissance au seuil ventilatoire déterminé ou d'une fréquence cardiaque cible atteinte sur l'EFX à un certain niveau de l'effort incrémental (pourcentage de la puissance maximale, seuil ventilatoire ou seuil symptomatique). La prescription d'une marge de fréquence cardiaque a l'avantage de permettre d'adapter la prescription d'entraînement à différents appareillages (tapis, stepper, rameur, pédalier à bras...). De plus, cette fréquence cardiaque reste un objectif relativement constant au fur et à mesure des séances du fait de l'effet chronotrope négatif du ré-entraînement à l'exercice, alors qu'il est attendu que la puissance d'entraînement progresse. Enfin, la connaissance d'une marge de fréquence cardiaque peut aussi aider la personne après le programme à maintenir une activité physique suffisante, notamment lors des activités ambulatoires comme la marche, en s'équipant si elle le souhaite d'un cardiofréquence-mètre, même si le ressenti symptomatique doit rester pour elle le meilleur guide du niveau d'activité à pratiquer. Toutefois, en pratique, chez les personnes les plus sévères, des puissances d'entraînements élevées, comme recommandées ne sont pas toujours atteignables [19]. Cette difficulté est souvent le fait d'une dyspnée nettement prédominante reliée à une distension dynamique souvent majeure (blockpnée) pouvant indiquer un mode d'entraînement fractionné comme précédemment cité [15].

L'analyse de l'EFX permet ainsi d'individualiser les modalités du ré-entraînement à l'exercice : niveau de l'intensité de l'entraînement en endurance (fréquence cardiaque, puissance), entraînement en endurance en continu ou en fractionné, besoin en oxygénothérapie ou d'un support ventilatoire, travail important sur la gestion et le contrôle de la ventilation à l'exercice voire au repos. Toutes ces modalités fixées sur la base d'un test initial de capacité d'exercice offrent un socle de travail qui pourra au besoin être adapté par les professionnels de santé, selon leur propres constatations ainsi que l'évolution et les besoins du patient.

L'EFX permet d'assurer une pratique sûre et efficace du ré-entraînement à l'exercice réalisé dans le cadre d'une réadaptation respiratoire. Notamment elle permet d'opérer avec confort la progressivité optimale de la puissance de ré-entraînement à l'exercice au fur et à mesure des séances en incitant son patient dans un cadre de sécurité satisfaisant. Le patient lui-même dispose d'un diagnostic approfondi de sa limitation expliquant sa gêne et est rassuré sur l'innocuité des efforts à mener pendant le programme. Les explications données au patient concernant cet examen peuvent

participer à la démarche éducative pour qu'il prenne conscience de ses capacités à bouger plus et de ses capacités de récupération par le ré-entraînement à l'exercice.

Chez les patients insuffisants respiratoires sous oxygène, chez qui la mesure des échanges gazeux est impossible, un test d'effort progressif avec monitoring de l'ECG, de la pression artérielle, de la saturation en oxygène, des symptômes de dyspnée et de fatigue, et le seuil de dyspnée, peut être une alternative permettant d'évaluer la puissance maximale, l'évolution des paramètres cardio-vasculaires à l'effort et de déterminer un seuil symptomatique pour fixer le niveau d'entraînement.

L'épreuve fonctionnelle à puissance constante

L'épreuve fonctionnelle à puissance constante, appelée aussi « test d'endurance », est un test largement utilisé pour évaluer les modifications de tolérance à l'effort après des interventions thérapeutiques, comme les bronchodilatateurs [19], l'oxygénothérapie [20] ou la réadaptation respiratoire [1,6,21]. Le test s'effectue sur un cycloergomètre à une puissance importante constante. Il s'agit de demander à la personne de pédaler le plus longtemps possible à une puissance de travail déterminée sur la base d'une EFX incrémentale préalable, mesurant ainsi la durée de pédalage du test, ou temps limite (Tlim). D'autres déclinaisons du test sont possibles sur un autre appareillage mais peu communes, notamment sur tapis de marche à intensité (vitesse et pente) fixe. La nécessité d'une EFX incrémentale maximale au préalable, permettrait aussi d'assurer la réalisation du test à puissance constante dans un contexte plus restreint de surveillance paraclinique, sans tracé électrocardiographique ni prise régulière de pression artérielle, le rendant aisément standardisable et plus simple de réalisation que l'EFX incrémentale.

La détermination de la puissance de travail est critique. Tout en étant sous maximale, elle doit être suffisamment intense pour que le Tlim soit entre 3 et 8 min, intervalle de durée permettant d'interpréter une variation de Tlim lors de la reproduction du test après une intervention thérapeutique comme la réadaptation [22]. Elle est fixée en pratique entre 75 et 80 % de la puissance maximale obtenue lors de l'EFX incrémentale. Il est important de n'indiquer aucune durée attendue au patient et qu'il s'arrête du fait d'une limitation symptomatique ou de l'impossibilité de maintenir la vitesse de pédalage (fréquence minimale de pédalage généralement fixée à 55tours/min). Sur 2053 patients atteints de BPCO le Tlim moyen à 75 %Wmax était d'un peu moins de 5 min (271 ± 166 s) [23]. Certains auteurs témoignent toutefois de la difficulté d'ajuster la puissance du test sur la puissance maximale du test incrémental pour être dans l'intervalle entre 3 et 8 min, notamment chez les personnes atteintes de BPCO [21,24]. La vitesse de la montée en puissance lors de l'EFX à charge progressive peut influencer la puissance maximale. C'est pourquoi, certains auteurs conseillent de fixer le pourcentage de la puissance à l'initiation du plateau de $\dot{V}O_2$ [1,6,21]. Si le Tlim n'est pas entre 3 et 8 min, il est conseillé de refaire le test à distance d'au moins une heure, en élevant ou en abaissant la puissance selon que la durée initiale était trop courte ou trop longue. Degani-Costa et al. proposent optimalement de refaire le test à 50 % Wmax pour ceux qui réalisent moins

de 3 min ou 90 % Wmax pour ceux qui réalisent plus de 8 min [25] ; cet ajustement permet dans leur étude de ramener plus de 80 % des individus dans l'intervalle requis. Un échauffement préalable bref peut se pratiquer mais sur une durée constante à chaque réalisation du test.

Avec une variation intra-individuelle de 5 à 10 % [26], le Tlim a une bonne reproductibilité [27]. Il peut cependant exister des variations interindividuelles importantes dont les déterminants sont plus ou moins bien cernés [23,28]. L'épreuve fonctionnelle à puissance constante est décrite comme une épreuve sensible pour juger de l'amélioration de la capacité à l'exercice d'une personne suite à une intervention thérapeutique [22]. La variation du Tlim notamment après réadaptation peut être exprimée soit en valeur absolue (secondes) ou soit en pourcentage du temps avant réadaptation. Le gain obtenu après réadaptation respiratoire est souvent de plus de 80 % du Tlim initial [1]. Il a été retrouvé une corrélation étroite entre l'amélioration du Tlim et la perception de l'amélioration de la dyspnée dans la vie quotidienne et de la tolérance à l'exercice avec un gain minimal cliniquement significatif du Tlim de 33 % du temps initial, soit 100 s si réalisé à 75 % Wmax et 70 s si réalisé à 85 % Wmax [6,22]. Ces résultats sont retrouvés sur un plus petit nombre d'études après réadaptation respiratoire dans d'autres pathologies, comme l'HTAP et les pneumopathies interstitielles diffuses [6].

En plus du recueil du Tlim, des mesures complémentaires telles que la mesure de la fréquence cardiaque, de la dyspnée, de la fatigue, de la ventilation et de la capacité inspiratoire peuvent être réalisées durant le pédalage [26,29,30]. La comparaison des cinétiques et des valeurs isotemps de ces paramètres avant et après réadaptation respiratoire peuvent rendre compte de l'amélioration fonctionnelle et symptomatique.

Ces deux épreuves d'exercice à charge croissante et constante sont couramment réalisées sur cyclo-ergomètre. Toutefois, selon les pratiques du site ou des patients, les épreuves d'exercice à charge croissante ou constante peuvent être pratiqués sur tapis de marche [31].

Messages clés : Épreuves fonctionnelles d'exercice à charge croissante et à puissance constante.

- L'EFX est le test de référence pour mesurer les capacités maximales d'exercice, identifier les mécanismes de l'intolérance à l'effort, et adapter les traitements et la prise en charge des personnes ayant une maladie respiratoire chronique durant le programme de réadaptation respiratoire ;
- L'évaluation des paramètres cardiocirculatoires, notamment de l'ECG en cours d'EFX, permet en cas d'anomalie d'orienter vers un cardiologue pour des explorations cardiologiques complémentaires avant mise en place de la réadaptation respiratoire et sinon de mener un réentraînement à l'exercice efficace et en sécurité pour la personne ;
- L'épreuve fonctionnelle d'exercice à puissance constante bien que nécessitant au préalable la réalisation d'une EFX à charge croissante, est un test sensible au changement et facilement utilisable en clinique pour juger de l'efficacité d'un programme de réentraînement chez des personnes ayant une maladie respiratoire chronique ;

- Au cours des épreuves fonctionnelles d'exercice à puissance constante, des mesures à intervalle constant de la fréquence cardiaque, de la dyspnée et de la fatigue, voire de la ventilation ou de la capacité inspiratoire, permettent d'objectiver les améliorations fonctionnelles et symptomatiques suite à un programme de réadaptation respiratoire.

Les tests de terrain de mesure de la capacité fonctionnelle d'exercice

Bien que la classification internationale du handicap et de la santé (CIF) dissocie de façon claire la capacité d'exercice de la capacité fonctionnelle, il existe des tests de terrain, qui de par la réalisation d'une activité fonctionnelle (marcher, monter des marches, se lever d'une chaise), permettent l'évaluation de la capacité à l'exercice. Cependant, même si ces tests de terrain sollicitent en général une réponse physiologique sous-maximale, il est important de se souvenir qu'ils peuvent aussi solliciter une réponse maximale, notamment chez les personnes présentant une altération sévère de la fonction pulmonaire. Ces tests de terrain renseignent donc sur la capacité d'exercice et témoignent de l'intolérance des personnes à un effort fonctionnel. Toutefois, ils ne peuvent se substituer à l'EFX réalisée en laboratoire, mais offrent une alternative de terrain moins coûteuse et plus accessible. Le test de terrain le plus connu est certainement le test de marche de 6 minutes qui, malgré sa contrainte spatiale, est largement utilisé en réadaptation respiratoire. Pour pouvoir évaluer la tolérance à l'effort dans des cabinets médicaux ou à domicile, d'autres tests de terrain possédant de bonnes qualités métrologiques, comme les tests de lever de chaise ou d'escaliers nécessitant peu de temps et de matériels sont de plus en plus utilisés dans l'évaluation de la capacité fonctionnelle des personnes ayant une maladie respiratoire chronique.

Le test de marche de 6 minutes (TDM6)

Le test de marche de 6 minutes (TDM6) consiste à parcourir, en marchant, la plus grande distance possible en 6 minutes. Utilisant une activité essentielle de la vie quotidienne, le TDM6 permet donc une évaluation globale de la capacité fonctionnelle à l'exercice. L'existence d'équations permettant d'exprimer la distance parcourue au TDM6 en pourcentage de la valeur prédite permet de documenter et de témoigner de la diminution de la capacité fonctionnelle à l'exercice et de la tolérance à l'effort des personnes ayant une maladie respiratoire chronique.

Bien que des versions de deux et trois minutes aient également été validées [32], le TDM6 est, de loin, le test de terrain le plus documenté pour l'évaluation de la capacité fonctionnelle à l'exercice des personnes ayant une maladie respiratoire chronique [33]. En plus de la distance parcourue, la saturation pulsée en oxygène et la fréquence cardiaque doivent être systématiquement surveillées au cours du test [33]. Il est aussi recommandé de mesurer la perception de dyspnée et de fatigue dans les jambes au début et à la fin du test à l'aide d'une échelle de Borg

[33]. Peu coûteux, il requiert toutefois un couloir plat de 30 m de long, ce qui peut poser des difficultés de réalisation selon le contexte. En pratique, les encouragements, la distance du couloir, le type de parcours, l'accompagnement du patient, les aides techniques et la supplémentation en oxygène sont des éléments qui peuvent influencer la distance parcourue [33]. C'est pourquoi, pour être valides les procédures et les conditions de réalisation du TDM6 doivent être standardisées et nous référons le lecteur intéressé au document de normes techniques des tests de terrain élaboré conjointement par l'*European Respiratory Society* et l'*American Thoracic Society* [33].

À condition de suivre ces procédures standardisées, la validité, la reproductibilité et la sensibilité au changement du TDM6 ont largement été documentées [34]. L'effet d'apprentissage pouvant être important (jusqu'à 17 % selon les études), les experts et les guides internationaux recommandent de réaliser deux essais et de considérer les résultats du meilleur essai [33]. Un seul essai peut cependant être suffisant pour les patients qui ont récemment effectué le test (par exemple, en fin de la réadaptation respiratoire) [35].

La validité du TDM6 comme mesure de la capacité fonctionnelle à l'exercice est soutenue par la forte corrélation entre la distance parcourue au TDM6 et la performance réalisée à l'EFX qui varie entre $r=0,6$ et $r=0,9$ selon les études et avec les mesures d'activité physique variant entre $r=0,4$ et $r=0,9$ [34]. À ce chapitre, même s'il est demandé à la personne de marcher la plus grande distance possible pendant 6 minutes, le rythme de la marche est librement choisi. Ainsi, le TDM6 évalue le plus souvent la capacité fonctionnelle à l'exercice à un niveau sous-maximal, qui correspond à celui de la plupart des activités de la vie quotidienne. Cependant, pour les personnes ayant une atteinte respiratoire plus sévère, le TDM6 peut engendrer une réponse physiologique proche de la maximalité voire maximale [36]. Il est aussi sensible pour identifier la désaturation induite par l'exercice [37] et est couramment utilisé pour titrer le débit en oxygène nécessaire dans certaines activités de la vie quotidienne ou à l'effort.

Avec un changement minimal cliniquement significatif (MCID) établi à 35 m, le TDM6 est également sensible pour juger du bénéfice d'un programme de réadaptation respiratoire [34,38]. Chez les personnes ayant une maladie pulmonaire chronique telle que la BPCO, l'hypertension pulmonaire ou la fibrose interstitielle une augmentation moyenne de 48 m est généralement atteinte suite au programme [34,38].

Les tests de marche navette

Contrairement au TDM6, la cadence de marche au cours des tests navettes est imposée à l'aide de signaux sonores et l'arrêt du test est autodéterminé (c'est-à-dire, un effort maximal ou une incapacité de respecter la cadence). Ces propriétés confèrent aux tests de marche navette des avantages méthodologiques importants tels qu'un risque d'effet plafond improbable et une similitude de construit et de protocole avec les épreuves d'effort réalisées en laboratoire. Comme ce sont des tests de terrain qui utilisent la marche comme modalité d'effort, ils conservent les avantages du TDM6 dans la détermination des capacités fonctionnelles à

l'exercice des participants. Chez les personnes atteintes de BPCO, une faible performance au test de marche navette est un indicateur d'une mauvaise survie et d'un risque accru de réadmission à l'hôpital [39,40].

Deux formes de tests de navette existent : le test de marche navette à vitesse croissante et le test de marche navette d'endurance.

Au cours du test de marche navette à vitesse croissante, la vitesse de marche est augmentée toutes les 30 s. Mimant l'EFX à charge progressive, ce test est souvent utilisé pour évaluer la capacité maximale d'exercice cardio-pulmonaire et il a été démontré qu'il suscite des réponses physiologiques presque similaires aux EFX sur cyclo-ergomètre et sur tapis roulants [5,33]. Ce test est fiable et valide pour la mesure de la capacité maximale d'exercice chez les personnes ayant une BPCO [34]. Par contre, il existe un effet d'apprentissage de l'ordre de 20 à 25 m sur le deuxième test [5] justifiant la recommandation de réaliser deux essais [33]. À noter qu'à l'exception de la BPCO et la mucoviscidose, il n'y a que peu de données sur son utilisation chez les patients souffrant d'autres maladies respiratoires chroniques.

Au cours du test de marche navette d'endurance, les participants sont invités à maintenir une vitesse de marche prédéterminée (basée sur leurs performances maximales lors d'un précédent test de marche navette à vitesse croissante). Le test est poursuivi jusqu'à épuisement tant que le rythme de marche peut être maintenu, jusqu'à un maximum de 20 min [33]. Il s'agit d'un test valide et fiable dans la maladie respiratoire chronique [34]. La variable d'intérêt du test est exprimée sous forme de temps en minutes et secondes ou en distance parcourue en mètres mais le test de marche navette fournit aussi des mesures fiables de la dyspnée [33]. Comparativement au TDM6, l'imposition d'un rythme de marche assure une meilleure standardisation et une performance moins dépendante de la motivation du participant [41]. Comme le test d'endurance sur cyclo-ergomètre, le test de marche navette d'endurance ne nécessite pas d'essai de pratique. Dans la BPCO, malgré un nombre insuffisant d'études, son changement minimal détectable (MDD) suite à une réadaptation respiratoire est estimé à 156 s ou 188 m [42]. Pour une population insuffisante respiratoire chronique plus sévère, il est estimé entre 186 et 199 s ou 154 à 164 m [43].

Test de lever de chaise de 30 s, 1 et 3 min

Les tests de lever de chaise sont des tests fonctionnels simples au cours desquels le participant doit se lever et s'asseoir d'une chaise standardisée sans accoudoirs, le plus de fois possible en 30 s, une minute (1STS) ou trois minutes, selon les modalités. Au cours du test, le participant ne peut s'aider de ses bras, doit se lever de sorte à ce qu'il y ait une extension complète des membres inférieurs et se rasseoir complètement. Ces tests sont fiables, valides et reproductibles dans la BPCO [44]. Le 1STS est également sensible pour juger du bénéfice d'un programme de réadaptation respiratoire et son MCID a été fixé à 3 répétitions dans la BPCO [44,45]. Pour les populations en bonne santé, le score obtenu au 1STS est dépendant de l'âge, du sexe, de l'IMC, de la consommation de tabac, des troubles d'équilibre ou encore de la motivation [46] et il existe des valeurs prédictives pour des adultes en santé de 25 à 79 ans [47]. Dans les

maladies respiratoires chroniques telles que la BPCO, le 1STS présente une corrélation modérée à forte avec la force isométrique du quadriceps [44,45,48] et une relation forte avec le TDM6 [45,49,50]. Le 1STS semble engendrer une réponse cardiorespiratoire similaire à celle du TDM6 [44,45]. Même si le consensus n'est pas total [49,50], le 1STS est généralement considéré comme un exercice sous-maximal qui peut devenir maximal. Ainsi chez des personnes ayant une BPCO de stade sévère, il a récemment été démontré que le 1STS engendrait une réponse cardiorespiratoire maximale accompagnée d'une désaturation au cours de la récupération post test [51]. Il est donc conseillé de faire une surveillance de la saturation, de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle durant le test mais aussi en période de récupération. De plus, le 1STS génère une perception de fatigue dans les jambes plus élevée que les tests de marche, probablement parce qu'il sollicite majoritairement les membres inférieurs et nécessite une contraction excentrique inhabituelle sans l'aide des mains pour s'asseoir [44,45].

Récemment, une version du test de lever de chaise sur 3 minutes (3STS) a été développée dans la BPCO [52]. Alors que la cadence du lever de chaise des versions sur 30 s et sur une minute était autodéterminée, la cadence de la première minute du 3STS est imposée par l'évaluateur et celle des deux dernières minutes est laissée au choix du participant. À l'image du test de 1STS, le 3STS a montré d'excellentes qualités métrologiques [52] et une amélioration de 5 répétitions a récemment été proposée comme MCID [53].

Les tests de stepper

Les tests de stepper de 3 minutes (TS3) et de 6 minutes (TS6), sont tous deux validés pour évaluer la capacité d'exercice chez des personnes atteintes de maladies respiratoires chroniques [54–56]. Ces tests sont réalisés sans contrainte spatiale, à l'aide d'un stepper standardisé (hauteur de marche de 20–21 cm), simple d'utilisation et peu coûteux. Dans la littérature, le TS6 est davantage développé et consiste à réaliser un maximum de pas avec extension complète du membre inférieur, au cours de six minutes. Un pas est défini comme un demi-cycle, soit une montée ou une descente d'une jambe sur le stepper. Un léger appui manuel contre un mur est autorisé pour palier à une perte d'équilibre et une phase de familiarisation de deux minutes est recommandée en raison d'un effet d'apprentissage. Les consignes données ont été adaptées à partir de celles du test du TDM6 et aucun encouragement n'est donné pendant le test [57]. La saturation pulsée en oxygène et la fréquence cardiaque sont surveillées au cours du test. Le nombre total de pas est relevé à la fin de l'exercice ainsi que la perception de dyspnée et de fatigue dans les jambes à l'aide d'une échelle de Borg. Le TS6 s'est révélé reproductible et sensible pour juger du bénéfice d'un programme de réadaptation respiratoire dans la BPCO mais aussi dans diverses pneumopathies interstitielles diffuses [58,59]. Par ailleurs, son MCID a été établi à 40 pas [60]. Concernant le stress cardiorespiratoire, le TS6 est considéré comme un exercice sous-maximal chez des personnes atteintes de BPCO. En effet, la consommation maximale d'oxygène ainsi que la désaturation semblent être plus élevées au TDM6 comparativement au TS6. Par contre, les réponses en termes de la fréquence cardiaque maximale et la perception de

dyspnée sont généralement supérieures au TS6 en comparaison avec celles obtenues au TDM6. Le nombre de pas maximal obtenu au TS6 est corrélé à la distance parcourue au TDM6 [56,60], à la puissance développée au cours d'une épreuve d'effort maximale sur cyclo-ergomètre [54] et à la force isométrique du quadriceps [61]. Finalement, dans le but de prescrire un niveau personnalisé d'entraînement à l'effort sans réaliser d'EFX, il a récemment été proposé des équations de prédiction déterminant une fréquence cardiaque cible d'entraînement à partir de fréquences cardiaques obtenues au cours du TS6 [62,63].

Les tests de *steps* et d'escalier

Parmi les tests rencontrés dans la littérature, le *step-test* de 3 minutes (3MST), le *step-test* de 6 minutes (6MST) et le *Stair Climb Power test* (SCPT) ont été validés pour les personnes atteintes de BPCO. Originellement, le 3MST intégrait la batterie de tests réalisée par la *Young Men's Christian Association* pour une population jeune et en santé afin d'estimer leur niveau d'endurance aérobie et de proposer un entraînement personnalisé [64]. Le 3MST consiste à monter et descendre une marche d'une hauteur standardisée (20 cm) avec extension complète de la jambe, un pied à la fois, et selon une cadence imposée par un signal audio, pendant 3 minutes. Initialement le rythme imposé était de 24 pas par minute, mais des adaptations peuvent être rencontrées selon les protocoles et à ce jour aucun consensus n'existe [65,66]. L'appui manuel contre un mur est autorisé pour palier une perte d'équilibre. Les consignes données sont adaptées à partir de celles du TDM6 (repère temporel donné à 1 min, 1min30 et 2 min) et une démonstration de la part de l'évaluateur est conseillée. Le 3MST présente une bonne reproductibilité mais une phase de familiarisation est recommandée [65]. Les paramètres évalués en continu sont la saturation pulsée en oxygène et la fréquence cardiaque ; la perception de la dyspnée et de la fatigue dans les jambes sont également recueillies. Dans la BPCO, la principale variable d'intérêt est la dyspnée d'effort [67] ; tandis que dans la mucoviscidose, une désaturation < 90 % au cours du 3MST est utilisé comme indicateur d'un risque de détérioration clinique dans l'année à venir [68]. Validé par rapport au TDM6, le 3MST engendre toutefois une fréquence cardiaque maximale, une dyspnée et une fatigue dans les jambes plus élevées [65,69]. À noter qu'avec une cadence imposée, le 3MST peut présenter un effet plafond mais aussi à l'inverse un effet plancher chez les personnes les plus déconditionnées.

Le 6MST suit la même standardisation que le 3MST, à l'exception qu'aucun rythme n'est imposé et que par conséquent la consigne est de réaliser un maximum de pas pendant six minutes. Il est également validé et reproductible pour les personnes atteintes de BPCO mais aussi de maladies pulmonaires interstitielles [70,71]. Dans la BPCO un score inférieur à 78 pas permet d'identifier les personnes avec une faible tolérance à l'effort [72]. Le nombre maximal de pas obtenu au 6MST est corrélée à la puissance développée au cours d'une EFX sur ergocycle, à la distance de marche au TDM6 ainsi qu'à la perception de dyspnée dans les activités de la vie quotidienne [70,72]. Chez les personnes les plus déconditionnées, le stress cardiorespiratoire engendré par le 6MST semble maximal comparativement à une

EFX [73,74]. Enfin, une période de réentraînement en endurance de 18 séances a montré une amélioration moyenne de 11 marches [74].

Le SCPT, initialement développé pour les personnes âgées, a été validé chez les personnes atteintes de BPCO ou de mucoviscidose et est recommandé pour évaluer en clinique, la puissance musculaire des membres inférieurs [75]. En pratique, il est demandé au participant de monter, le plus rapidement possible, un escalier de dix marches, avec la possibilité de s'aider de la main courante pour assurer la sécurité. Le chronomètre démarre au « Go ! » de l'évaluateur et s'arrête lorsque les deux pieds du participant sont sur la dernière marche. Il est recommandé de faire deux essais et de garder le test avec le temps le plus court. Le temps de réalisation est la variable retenue, mais une estimation de la puissance (watts) développée est calculée à partir des équations de Bean et al. [76]. La performance au test est corrélée avec la force du quadriceps et renseigne également sur les limitations de mobilité [76,77]. Dans la BPCO, il est davantage corrélé avec la capacité fonctionnelle des personnes qu'avec la force musculaire du quadriceps [78].

Messages clés : Tests de terrain de mesure de la capacité fonctionnelle à l'exercice

- Sans pour autant se substituer à EFX et à l'épreuve fonctionnelle à puissance constante, les tests de marche de 6 minutes et navettes, de lever de chaise, de stepper, de steps et d'escalier offrent une alternative peu coûteuse, pour renseigner sur la tolérance à l'effort des personnes atteintes d'une maladie respiratoire chronique ;
- Les tests de terrain de mesure de la capacité fonctionnelle à l'exercice sont validés dans les maladies respiratoires chroniques et sont pour la plupart sensibles pour juger du bénéfice d'un programme de réadaptation respiratoire ;
- La facilité d'administration de la plupart des tests de terrain ne permet pas de s'affranchir de la surveillance des variables cardiorespiratoires, surtout chez les patients les plus sévères chez qui le test peut engendrer une réponse physiologique maximale ou proche de la maximalité ;
- La désaturation enregistrée au cours d'un TDM6 est un marqueur important de la gravité et du pronostic de la maladie.

Les tests de mesure fonctionnelle de la mobilité et de l'équilibre

Les restrictions à la participation aux activités de la vie quotidienne des personnes ayant une maladie respiratoire chronique ne sont pas seulement due à l'altération de leur fonction respiratoire et de leur capacité maximale à l'exercice [7] mais elle sont aussi intimement liées aux répercussions directes ou indirectes de la maladie sur d'autres capacités fonctionnelles. Ainsi, un nombre croissant d'évidence montre que les personnes atteintes de BPCO ont d'importants déficits de contrôle de l'équilibre qui peuvent être associés à un risque accru de chutes [79]. Leur vitesse de marche ainsi que leur capacité fonctionnelle tel que se lever d'une chaise et se déplacer sur une courte distance est aussi altérée [79,80]. Il y a donc un intérêt croissant, tant dans la communauté clinique que dans la communauté scientifique pour l'utilisation de tests de

capacité fonctionnelle plus pragmatiques, permettant de quantifier des déficiences fonctionnelles comme les transferts, la mobilité et l'équilibre. Leur évaluation est d'autant plus importante que ces capacités fonctionnelles sont associées à la participation aux activités de la vie quotidienne et la qualité de vie des patients et peuvent toutes être améliorées par la réadaptation respiratoire [81,82]. Parmi ces tests, le *Timed Up and Go* (TUG), le test de lever de chaise de 5 répétitions (5TSTS), les tests de vitesse de marche et le *Short Physical Performance Battery* (SPPB) test sont les plus documentés dans l'évaluation des capacités fonctionnelles des personnes ayant une maladie respiratoire chronique. Issus de la gériatrie, ces tests représentent des alternatives intéressantes, non à titre de substituts, mais comme des outils complémentaires permettant d'identifier les personnes ayant une déficience fonctionnelle allant au-delà de la capacité à l'exercice [79,83–85].

Le *Timed Up and Go*(TUG)

En évaluant le temps qu'il faut pour se lever d'une chaise, marcher trois mètres à une vitesse confortable, se retourner, revenir à la chaise et s'asseoir, le TUG est un test simple et peu coûteux qui évalue la mobilité générale, le risque de chute et l'équilibre dynamique des personnes [86]. Sa bonne validité auprès de différentes populations [87], sa facilité d'administration [88], sa capacité à dépister les personnes à risque de chute [89] et la disponibilité de données normatives pour les personnes âgées de plus de 60 ans [90], en font un test largement utilisé dans les milieux gériatriques et qui gagne en popularité chez les personnes ayant une maladie chronique respiratoire. Ceci dit, il existe plusieurs variations dans les écrits sur la façon d'effectuer le test (position de départ, arrêt du chrono lorsque le patient touche le fessier ou le dos au dossier de la chaise, vitesse de marche confortable ou maximale. . .) ce qui peut influencer les scores [91,92]. Sa validité et sa reproductibilité ont été vérifiées chez les personnes ayant une BPCO [83,93] chez qui le temps de passation a régulièrement été montré significativement allongé comparativement à des populations en santé du même âge. Il a aussi montré une bonne corrélation avec la distance au test de marche de 6 min [94]. Il a été mis en évidence dans la BPCO que les personnes ayant une histoire de chute complètent le TUG 3,1 secondes plus lentement que ceux n'en n'ayant pas rapporté [94] et un temps de passation ≥ 11 secondes a récemment été proposé comme le seuil critique de prédiction de chute [95]. Enfin, avec une amélioration de 1,4 seconde, le TUG montre une bonne sensibilité pour juger du changement induit par la réadaptation respiratoire [81].

Le test de lever de chaise de 5 répétitions

En mesurant le temps le plus rapide mis pour se lever cinq fois d'une chaise de 43 à 48 cm avec les bras croisés sur la poitrine, le 5STS fournit une évaluation globale de la fonction musculaire des membres inférieurs, en mettant l'accent sur les quadriceps. En plus de mesurer la force des membres inférieurs, le 5 STS permet aussi d'observer certains autres aspects de la motricité tels que le contrôle postural et l'équilibre du patient [96].

En plus d'être un test rapide, économique et simple, sans effet d'apprentissage apparent [97], le 5STS a montré une excellente fiabilité test-retest [98] et inter observateur [97] ainsi qu'une corrélation significative avec les résultats des tests TUG et la vitesse de marche [99] chez les personnes âgées. Dans les maladies respiratoires chroniques, il a été rapporté que les personnes ayant une BPCO mettent 21 % plus de temps que les personnes en bonne santé pour réaliser le test [100]. De plus, les personnes en incapacité de réaliser ou de terminer les cinq répétitions, ont une capacité d'exercice et une force du quadriceps considérablement réduites [97]. Le temps de passation du 5STS est aussi corrélé avec la qualité de vie, les scores de dyspnée, la force musculaire des membres inférieurs et la capacité d'exercice qu'elle soit mesurée avec le test de marche navette ou le TDM6 [97,101]. Confirmant sa sensibilité à mesurer le changement induit par la réadaptation respiratoire, le temps de passation du 5STS a été significativement réduit de 21,4 secondes chez 239 personnes ayant une BPCO après une réadaptation respiratoire [97]. De façon intéressante, cette amélioration est corrélée avec les changements de distance au TDM6 et un MCID allant de 1,3 à 1,7 secondes a pu être établi par les auteurs [97].

Les tests de vitesse de marche

En plus de la distance parcourue, la vitesse de marche mesurée simplement avec un chronomètre, est utilisée en clinique et en recherche comme une mesure objective de la mobilité et de l'indépendance fonctionnelle des personnes âgées. De plus, la vitesse de marche est un facteur clé déterminant les risques de chute, la prédiction d'un déclin fonctionnel et le besoin de réadaptation fonctionnelle [102]. Ainsi, chez les personnes âgées, un déclin de la vitesse de marche est associé à la perte d'autonomie ainsi qu'à un risque accru d'hospitalisation et de mortalité. La vitesse de marche est déterminée en chronométrant le temps mis par la personne pour parcourir à une vitesse confortable une distance de 10 ou de 4 m. La vitesse de marche, exprimée en m/s est obtenue en divisant la distance de marche par le temps pris pour la parcourir. Deux essais sont habituellement réalisés et la meilleure performance est alors retenue comme résultat. Même s'il existe plusieurs variantes du test de vitesse de marche, la vitesse de marche sur 10 m est le test le plus utilisé dans la population générale [102,103]. Cependant, le manque d'espace dans les milieux cliniques oblige la création et l'utilisation des tests de marche sur plus courtes distances, tel que le test de vitesse de marche sur 4 m (4MGS) qui est probablement le plus utilisé dans les maladies respiratoires chroniques [87].

Chez les personnes ayant une BPCO, le 4MGS a été validé et les résultats montrent une bonne fiabilité test-retest et inter observateur [104] ainsi qu'une forte corrélation positive avec le test de marche navette d'endurance et la distance parcourue au TDM6 [105]. Avec un seuil de significativité clinique variant entre 0,08 et 0,11 mètre par seconde chez les patients qui ont déclaré « se sentir mieux » après la réadaptation respiratoire [85], le 4MGS possède une bonne sensibilité pour juger du changement induit par un programme de réadaptation (0,8 m/s) et permet de discriminer les répondeurs des non-répondeurs. Une différence considérable (0,1 m/s) entre les vitesses de marche mesurées avec

des parcours plus longs (10 m) et plus courts (4 m) suggère cependant que l'adhésion à un seul protocole de mesure de la vitesse de marche est préférable dans les études longitudinales, dans lesquelles le test doit être effectué à plusieurs reprises [106].

Le Short Physical Performance Battery test (SPPB)

Le SPPB a été développé à partir de trois mesures de performance déjà validées et utilisées soit : un test d'équilibre debout dans trois positions, le 4MGS et le 5STS [107]. La performance à chacun de ces tests est évaluée sur un score allant de 0 (impossible/dangereux) à 4 (meilleure performance) et un score sommatif de l'ensemble des 3 tests (sur une échelle allant de 0 à 12) est établi à la toute fin du test [107]. Mesurant essentiellement la capacité fonctionnelle des membres inférieurs et la mobilité fonctionnelle, le SPPB est particulièrement utilisé chez des personnes âgées comme outil prédictif de chute [108], de la diminution des capacités fonctionnelles et de la mortalité [109]. Dans la population en bonne santé un score total inférieur à 10 indique une ou plusieurs limitations fonctionnelles [110] et une performance <8 a récemment été identifiée comme seuil de détermination de la fragilité [111]. Sa validité et fidélité inter-observateur sont excellentes chez les personnes ayant une BPCO [112] et le score moyen a été établi à 10,35.

En conclusion, les différentes qualités évoquées confirment l'intérêt d'intégrer le TUG, le 5STS, la vitesse de marche et/ou le SPPB dans l'évaluation des personnes ayant une maladie respiratoire chronique, en particulier dans un contexte clinique où le temps et l'espace sont limités [94] et chez les personnes qui présentent un risque de perte d'autonomie fonctionnelle.

Les tests de capacité fonctionnelles multi-composites

Pour être plus représentatif du statut fonctionnel des personnes dans leur vie quotidienne, des tests globaux qui reproduisent plusieurs activités du quotidien sont préférés dans l'évaluation de la capacité fonctionnelle et des limitations par rapport aux tests axés sur les composantes isolées de l'activité fonctionnelle ou même de la capacité à l'exercice. En raison des nombreuses composantes du statut fonctionnel qui y sont intégrées, le test de Glittre, spécialement développé pour les personnes ayant une maladie respiratoire chronique comme la BPCO, semble être un des tests de capacité fonctionnelle des plus prometteurs dans la maladie respiratoire chronique telle que la BPCO [113–115]. En effet, ce test intègre 11 activités fonctionnelles telles que se lever d'une chaise, marcher, monter un escalier, déplacer des cartons sur une étagère. Induisant une consommation d'oxygène légèrement supérieure à celle du TDM6 [116], le test de Glittre permet aussi de distinguer les personnes ayant une BPCO de la population en santé en termes de capacité fonctionnelle [113]. Une forte corrélation entre la performance au test de Glittre et

la dépense énergétique quotidienne moyenne ainsi qu'une bonne sensibilité pour juger des effets de la réadaptation respiratoire ont aussi été rapportées chez les personnes ayant une BPCO [3]. Tout comme le Londrina functional test qui inclut 5 activités fonctionnelles de la vie quotidienne telles que monter des escaliers, suspendre du linge et porter ses courses, le test de Glittre nécessite de grands espaces et des équipements standardisés qui le rend peu praticable en dehors des centres de réadaptation spécialisés. Même s'il n'existe aucune contre-indication spécifique pour ces tests, il semblerait cependant prudent d'appliquer aux tests de capacités fonctionnelles qui génèrent un stress cardio-respiratoire important les mêmes contre-indications et les mêmes précautions d'usage que celles recommandées pour les tests de marche de 6 min ou navette [33].

Messages clés : Tests de terrain de mesure fonctionnelle de la mobilité et de l'équilibre

- Au-delà de l'évaluation de la tolérance à l'effort, d'autres tests mesurant la capacité fonctionnelle des personnes peuvent être utilisés pour renseigner sur les déficiences fonctionnelles telles que les transferts, la mobilité et l'équilibre ;
- Ces tests de mesure fonctionnelle de la mobilité et de l'équilibre ont davantage de pertinence que les tests de capacité d'exercice, chez les patients plus sévères et fragiles présentant une altération de l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne ;
- Les tests de capacité fonctionnelle multi-composites présentent l'avantage de mettre la personne en situation réelle de tâches de la vie quotidienne telles que monter des escaliers, suspendre du linge, porter et ranger des courses. Toutefois ils nécessitent un dispositif standardisé spécifique qui les rendent peu accessibles en clinique et le stress cardiorespiratoire qu'ils engendrent reste peu connu dans les maladies respiratoires chroniques.

Les tests de mesure de la fonction musculaire

Outre une diminution de ses capacités cardiorespiratoires, la personne ayant une maladie respiratoire chronique est aussi particulièrement à risque de développer une dysfonction des muscles locomoteurs, susceptible de contribuer à la diminution de la capacité à l'exercice et du statut fonctionnel [8]. L'étiologie, les mécanismes et les conséquences cliniques de cette atteinte musculaire ont largement été décrits dans la dernière mise à jour de la déclaration de l'*American Thoracic Society et de l'European Respiratory Society* sur la dysfonction musculaire [8] à laquelle le lecteur intéressé pourra se référer au besoin. Cette dysfonction musculaire se caractérise essentiellement par une perte de masse, de force, de puissance et d'endurance musculaires qui pourront/devront être évaluées dans les milieux cliniques à l'aide d'outils et de protocoles validés [9,11,117–119].

Toutes les mesures de la fonction musculaire sont spécifiques au groupe musculaire et dépendent fortement du type de contraction, de la vitesse de mouvement et de l'équipement utilisé. La disponibilité des outils et des protocoles de mesure aura un impact important sur le choix de la

technique de mesure. Il sera donc nécessaire que le clinicien se rappelle que les différentes techniques de mesure ne sont pas interchangeables et qu'elles peuvent fournir des informations différentes car elles mesurent différents aspects de la fonction musculaire.

Les outils d'évaluation incluent le simple poids du corps, les appareils de musculation, les poids libres, les haltères, les bandes élastiques, les jauges de force et les dynamomètres manuels, mais aussi des systèmes plus complexes tels que les dynamomètres électroniques [11,119]. Dans un contexte de recherche, la dynamométrie informatisée (couramment appelée appareil d'isocinétisme) est considérée comme l'outil de référence pour l'évaluation de la fonction musculaire [120]. Permettant une multitude de protocoles et de procédures, les dynamomètres électroniques fournissent en effet des mesures fiables et valides de la force, de la puissance et de l'endurance musculaire [120]. Toutefois, le coût, la nécessité d'espace et la complexité technique de la dynamométrie informatisée limitent son utilisation aux laboratoires de recherche et centres de réadaptation spécialisés. Dans un contexte clinique, des outils plus simples tels que les jauges de force, les dynamomètres manuels, les appareils de musculation, les bandes élastiques, les poids libres ou même le poids du corps, peuvent être utilisés [11].





Selon le dispositif choisi, la fonction musculaire peut être mesurée en utilisant des protocoles statiques dits isométriques au cours desquels le membre testé est fixé, empêchant tout déplacement articulaire ou changement de longueur musculaire, ou des protocoles dynamiques au cours desquels il y a un déplacement articulaire [119]. Outre la calibration des dispositifs, l'ensemble des procédures d'évaluation doivent être standardisées pour obtenir des mesures valides et fiables. Ceci est particulièrement important lors des mesures de suivi par exemple avant et après la participation à un programme de réadaptation respiratoire ou au cours d'une période d'hospitalisation. Le positionnement, le nombre d'essais, la vitesse angulaire, la durée du repos entre les essais, et le contrôle des compensations et de l'amplitude du mouvement font partie des aspects les plus importants à standardiser afin d'obtenir des résultats valides et reproductibles de la fonction musculaire [119,121]. Pour la plupart des procédures, il est aussi recommandé de prévoir des essais de pratique ou une séance de familiarisation pour minimiser la sous-estimation de la mesure ou le biais d'apprentissage [122]. Un aperçu des dispositifs et des protocoles les plus utilisés pour évaluer la fonction musculaire des personnes ayant une maladie respiratoire chronique est présenté dans le [Tableau 1](#).

Les procédures et protocoles de mesure de la fonction musculaire

Mesures isométriques de la force musculaire

La force isométrique est une qualité musculaire importante dans les activités de la vie quotidienne telles que porter les courses, se lever et s'asseoir sur une chaise, pousser et tirer et est par conséquent liée à la capacité fonctionnelle [77]. De plus, l'*American Thoracic Society et l'European*

Tableau 1 Stratégies d'évaluation de la fonction musculaire.

	Jauge de force et dynamomètre manuel 	Dynamomètre électronique 	Répétition maximale 	Dynamomètre de main 
Type de contraction	Isométrique	Isométrique isocinétique isotonique	Isotonique	Isométrique
Avantages	Résultats valides, fiables et reproductibles Facile à utiliser, portable, rapide et peu coûteux	Résultats valides, fiables et reproductibles Facile à standardiser Permet des procédures à plusieurs vitesses et angles différents	Évalue la fonction musculaire dans toute l'amplitude de mouvement Peut être exécuté avec une grande variété d'équipement	Pas de familiarisation Facile à utiliser, et à standardiser
Limitations	Mesures seulement dans un angle Standardisation cruciale pour la validité et la fiabilité de la mesure	Disponibilité limitée Nécessite un équipement et des ressources humaines coûteux ainsi qu'une séance de familiarisation	Procédures longues et plus difficiles à standardiser comparativement aux mesures isométriques	Limité à la force de préhension

Respiratory Society [8] recommandent de mesurer systématiquement la force isométrique du quadriceps, des patients ayant une BPCO, car elle est liée à la mortalité [123] et répond à des interventions telles que l'entraînement physique. Chez les personnes ayant une maladie respiratoire chronique, la mesure de force isométrique peut se faire en utilisant des dynamomètres informatisés qui sont considérés comme les instruments de référence. De plus, ces instruments fournissent des mesures fiables et valides de la force et de la puissance musculaire [121,124,125]. Elle peut aussi se faire en utilisant des jauges de force et des dynamomètres manuels, plus susceptibles d'être utilisés en pratique clinique [124,126,127]. Cependant, dans le cas du dynamomètre manuel, une sous-estimation de la force musculaire est possible si le clinicien ne parvient pas à opposer une force suffisante pour maintenir le membre testé en position statique [126]. La fixation du dynamomètre sur un support rigide est alors recommandée pour éviter ce biais et dans ces conditions, la mesure de la force isométrique à l'aide d'un dynamomètre manuel a été démontré valide et fiable dans la BPCO [124,128]. Des valeurs de référence sont disponibles pour les muscles des membres supérieurs et inférieurs mesurés avec des jauges de force, des dynamomètres manuels ou informatisés [129–133].

La mesure de la force de préhension (*hand grip test*) est une autre mesure de force isométrique couramment évaluée dans les maladies respiratoires chroniques en raison de sa facilité de mesure, de sa validité [121] et de sa capacité à dépister les patients à risque de fragilité et de sarcopénie [134]. Des valeurs de référence sont disponibles à l'usage du clinicien [135].

Mesures dynamiques de la force musculaire

Un inconvénient potentiel des mesures isométriques est que la fonction musculaire n'est évaluée que selon l'angle utilisé pour les tests. Les mesures dynamiques fournissent des informations sur la fonction musculaire des membres dans l'ensemble du mouvement, au cours duquel la résistance et/ou la vitesse de déplacement varient au cours de la contraction. Par ailleurs ce type de contraction reflète une situation plus proche des activités fonctionnelles de la vie quotidienne. Dans un contexte de réadaptation respiratoire, l'évaluation dynamique de la fonction musculaire avec des procédures isotoniques (au cours desquelles une résistance fixe est appliquée au muscle pendant le mouvement) et isocinétiques (au cours desquelles la vitesse de déplacement est fixe) pourrait être mieux associée aux capacités fonctionnelles [77].

Souvent considérées comme mesures étalons de la fonction musculaire, les mesures isocinétiques de la force musculaire sont valides et fiables pour toute une gamme de vitesses angulaires. Chez les personnes ayant une maladie respiratoire chronique comme la BPCO, le choix d'une vitesse angulaire de 60° ou de 90° par seconde semble être considéré comme idéale pour évaluer la force et la puissance musculaire [121,136,137]. L'évaluation des mesures isocinétiques nécessite cependant l'utilisation de dynamomètres informatisés, ce qui limite son utilisation dans les contextes cliniques.

La recherche de la force « maximale sur une répétition » (1-RM) qui se définit comme la charge maximale pouvant être soulevée une fois [122], est souvent considérée

comme la mesure étalon de la force musculaire dynamique dans des sites autres que les laboratoires. Dans les maladies respiratoires chroniques, l'évaluation du 1RM s'est surtout concentrée sur le muscle quadriceps. Cependant, l'évaluation de plusieurs muscles des membres supérieurs et inférieurs, y compris les muscles pectoraux, triceps, biceps et grands dorsaux, ainsi que les fléchisseurs de la hanche, les mollets et le fessier, sont possibles [121] et il existe des valeurs de références qui peuvent être utilisées [119]. C'est une procédure sûre et bien tolérée par les personnes ayant une maladie respiratoire chronique. La recherche du 1 RM peut cependant prendre beaucoup de temps et induire de la fatigue si le nombre de tentatives de recherche de la charge maximale est trop élevé. La familiarisation avec la procédure est nécessaire pour éviter les biais d'apprentissage dus aux adaptations neuronales et au contrôle des compensations [121].

Mesures de la puissance musculaire

Un aspect de la fonction musculaire qui a reçu moins d'attention chez les personnes ayant une maladie respiratoire chronique est la puissance musculaire qui se définit comme la capacité d'un muscle à générer une force importante sur une courte période de temps [138]. Il s'agit pourtant d'une qualité musculaire largement impliquée dans les activités physiques de la vie quotidienne telles que monter les escaliers ou se lever d'une chaise ou de son lit.

Comme la force, la puissance musculaire peut être évaluée au cours de protocoles impliquant des contractions (isométriques) [139] ou dynamiques (isocinétiques/isotoniques) [140]. La fiabilité de la mesure de la puissance musculaire a été démontrée comme étant modérée à très élevée (ICC 0,63 à 0,86) lorsque des protocoles statiques étaient utilisés et de élevée à très élevée (ICC 0,78 à 0,99) lorsque des protocoles dynamiques étaient utilisés [141,142]. De façon intéressante, la puissance musculaire des muscles extenseurs du genou peut aussi être rapidement évaluée dans un cadre clinique et calculée à partir des tests de lever de chaise [143] ou de montée d'escalier [100]. D'autres études restent cependant nécessaires pour déterminer quels tests et quels protocoles sont les plus pertinents dans les différentes pathologies respiratoires chroniques.

Chez les populations âgées et dans certaines maladies respiratoires chroniques telles que la BPCO, la puissance musculaire des membres inférieurs est plus fortement associée à la capacité physique et à la mobilité, telles que la distance de marche, la vitesse de marche et l'équilibre, que la force musculaire [142,144–146]. Chez les personnes ayant une BPCO en particulier, la puissance musculaire des membres inférieurs s'est avérée être réduite d'environ 28 % par rapport à celle d'une population en bonne santé de même âge, de même sexe et de même masse corporelle [100]. Le lien étroit, récemment rapporté entre la puissance musculaire dynamique et l'activité physique de la vie quotidienne des personnes ayant une maladie respiratoire chronique comme la BPCO [145], souligne la pertinence de

son exploration et, ce particulièrement, dans le contexte de la réadaptation respiratoire.

Mesures de l'endurance musculaire

L'endurance musculaire fait référence aux capacités d'un muscle à soutenir ou à répéter une tâche spécifique au fil du temps. Elle reflète donc les capacités à effectuer des tâches nécessitant un petit nombre de contractions sous-maximales, telles que monter un escalier, ainsi que des tâches nécessitant une multitude de contractions sous-maximales, telles que faire du vélo ou marcher sur une longue distance. Comme la force et la puissance musculaire, l'endurance musculaire des membres peut être mesurée de manière fiable en utilisant des stratégies statiques ou dynamiques et en utilisant des contractions soutenues ou répétées réalisées à charge constante (isotonique) ou à vitesse angulaire constante (isocinétique) [9–11,147]. Lors des protocoles isométriques, le clinicien demande à la personne de produire une contraction isométrique soutenue et intense (habituellement 60 à 80 % de la contraction volontaire maximale) sur la plus longue période de temps possible. La durée de la contraction ou le travail total réalisé au cours de cette contraction soutenue sont alors considérés comme le temps d'endurance [148]. Pour les protocoles isotoniques, une charge correspondant à un pourcentage de la force maximale volontaire (habituellement 30-40 %) est imposée et le nombre de répétitions que la personne est capable de réaliser définit l'endurance musculaire [148,149]. Enfin, au cours des protocoles isocinétiques, le calcul du travail total effectué au cours de la série de contractions est habituellement considéré comme marqueur de l'endurance musculaire [136,148,150,151]. Comparées aux protocoles isométriques et isocinétiques, les mesures isotoniques présentent l'avantage de pouvoir être réalisées avec des équipements simples tels que des bandes élastiques, des poids morts, des bancs d'exercice, des systèmes à poulies ou même le poids du corps (multiple RM). Indépendamment de la stratégie choisie, les personnes doivent être familiarisées avec les procédures et les conditions de mesure et les protocoles doivent être normalisés et standardisés.

Messages clés : Tests de mesure de la fonction musculaire

- L'évaluation de la fonction musculaire est recommandée chez les personnes ayant une maladie respiratoire chronique en particulier dans le contexte de la réadaptation respiratoire ;
- Dans un contexte d'évaluation clinique, la dynamométrie manuelle permet une évaluation valide et fiable de la force musculaire chez les personnes ayant une maladie respiratoire chronique ;
- Même si l'évaluation de la force musculaire est importante, d'autres qualités musculaires comme l'endurance et la puissance devraient également être prises en compte dans le bilan musculaire des personnes ayant une maladie respiratoire chronique.

Même si les mesures statiques de la fonction musculaire sont actuellement privilégiées, les mesures dynamiques ne doivent pas être négligées car elles semblent plus associées aux tâches de la vie quotidienne que les mesures statiques.

Conclusion

Il est aujourd'hui largement reconnu que les personnes atteintes de maladies respiratoires chroniques présentent de nombreuses déficiences et incapacités, parmi lesquelles les capacités à l'exercice, les capacités fonctionnelles et la dysfonction musculaire peuvent être améliorées par un programme de réadaptation respiratoire. C'est pourquoi, l'ensemble des sociétés savantes et des guides de pratique recommandent l'évaluation de ces capacités, indispensable dans un contexte de réadaptation respiratoire pour non seulement caractériser ces déficiences et incapacités mais aussi pour personnaliser les interventions physiques en proposant des activités de réadaptation basées sur les déficits et déficiences des participants et d'en vérifier les effets.

Comme il n'existe pas de test unique permettant d'évaluer de façon exhaustive l'ensemble des capacités physiques et du statut fonctionnel des personnes ayant une maladie respiratoire chronique, le clinicien impliqué en réadaptation respiratoire devra choisir les tests appropriés à travers un éventail de plus en plus importants de test. Dans le contexte de la réadaptation respiratoire, le choix des tests dépendra essentiellement des objectifs d'évaluation qui devront être établis en fonction du parcours de soins et des objectifs de la personne, mais aussi en fonction des ressources disponibles, du lieu de réalisation et des qualités spécifiques de chacun des tests.

Ainsi, si l'évaluation de la capacité à l'exercice est un incontournable de la réadaptation respiratoire, les outils d'évaluation à disposition du clinicien seront clairement différents selon le contexte et les lieux de réalisation du programme. En effet, en laboratoire de recherche, en service d'explorations fonctionnelles, ou encore en centre de réadaptation respiratoire, l'EFX sera le test de référence pour mesurer les capacités maximales d'exercice, identifier les mécanismes de l'intolérance à l'effort, mettre en lumière les différentes contre-indications à l'effort et adapter les interventions durant le programme de réadaptation respiratoire. L'EFX pourra se compléter par une épreuve fonctionnelle à puissance constante sur cycloergocycle, un test de marche navette à vitesse constante ou par un test de marche de 6 min. À ce titre, les tests à puissance constante et les tests de marche navette d'endurance mériteraient d'être plus largement utilisés en raison de leur grande sensibilité à juger des effets de la réadaptation pulmonaire sur la capacité à l'exercice et sur les symptômes à l'effort.

Le clinicien en cabinet ou au domicile n'ayant pas accès à l'EFX et n'ayant pas l'espace requis pour les tests de marche de terrain, aura à sa disposition les épreuves fonctionnelles à puissance constante sur cyclo-ergomètre ou les tests de lever de chaise réalisés sur 30s, une, deux ou trois minutes, de steppers et d'escalier pour l'aider à objectiver la capacité à l'exercice de la personne et à juger des améliorations fonctionnelles et symptomatiques de la réadaptation et de ses interventions. Il importe cependant de noter ici que la réalisation d'un stage de réadaptation respiratoire en dehors d'un hôpital ou d'un site assurant une présence médicale quasi immédiate, n'affranchit en aucun cas le clinicien de s'assurer de l'absence d'évènement cardiaque ou de contre-indication à l'exercice afin de garantir la sécurité du ré-entraînement à l'exercice et ce, particulièrement dans les cas où l'EFX n'est pas disponible.

Bien que recommandé par les sociétés savantes, l'évaluation de la fonction musculaire des personnes présentant une maladie respiratoire chronique n'est que peu réalisée dans un contexte clinique. Pourtant plusieurs procédures et outils évoqués dans cette revue peuvent être réalisés dans en cabinet ou au domicile des personnes. À cet effet, l'évaluation statique de la fonction musculaire par dynamométrie manuelle peut s'appuyer à ce jour sur des protocoles standardisés et reproductibles dans les maladies respiratoires chroniques. Toutefois, il serait pertinent d'évaluer les barrières actuelles à l'implantation de la mesure de la fonction musculaire dans le contexte clinique.

Au delà de l'évaluation de sa capacité physique à l'exercice et de la fonction musculaire, l'évaluation d'une personne qui est en perte d'autonomie et qui présente des difficultés de mobilité ou d'équilibre devra éventuellement se faire à travers des procédures et des tests plus susceptibles de mettre en évidence ces limitations comme le TUG, le 5STS, le SPPB ou les tests de vitesse de marche qui sont des tests facilement réalisables peu importe le milieu et le contexte de soins.

Cette revue a offert une synthèse pragmatique des tests de capacité physique et fonctionnelle les plus couramment utilisés dans un contexte de réadaptation respiratoire pour les personnes ayant une maladie respiratoire chronique. Elle devrait aider le clinicien à cibler les évaluations pertinentes en fonction des objectifs de la personne, de son parcours de soins et des ressources matérielles et temporelles disponibles.

Messages clés : En pratique :

- Le clinicien impliqué en réadaptation respiratoire dispose d'un large éventail de tests physiques pour évaluer la capacité à l'exercice et la capacité fonctionnelle ;
- Le choix du test sera déterminé en fonction de l'objectif d'évaluation recherché et du contexte (population évaluée, ressources humaines et matérielles disponibles).

Déclaration de liens d'intérêts

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

Références

- [1] Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, et al. An official american thoracic society/european respiratory society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188:e13–64.
- [2] SPLF. Recommandation pour la Pratique Clinique Prise en charge de la BPCO. *Rev Mal Respir* 2010;27:522–48.
- [3] Stucki A, Stoll T, Cieza A, et al. ICF Core Sets for obstructive pulmonary diseases. *J Rehabil Med* 2004:114–20.
- [4] Aguilaniu B, Wallaert B. [From interpretation of cardiopulmonary exercise testing to medical decision]. *Rev Mal Respir* 2013;30:498–515.
- [5] Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J* 2014;44:1447–78.

- [6] Puente-Maestu L, Palange P, Casaburi R, et al. Use of exercise testing in the evaluation of interventional efficacy: an official ERS statement. *Eur Respir J* 2016;47:429–60.
- [7] Bui KLNA, Maltais F, Saey D. Functional Tests in Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Part 1: Clinical Relevance and Links to the International Classification of Functioning, Disability, and Health. *Ann Am Thorac Soc* 2017;778–84.
- [8] Maltais F, Decramer M, Casaburi R, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2014;189:e15–62.
- [9] Saey D, Troosters T. Measuring skeletal muscle strength and endurance, from bench to bedside. *Clin Invest Med* 2008;31:E307–11.
- [10] Nyberg A, Saey D, Maltais F. Why and How Limb Muscle Mass and Function Should Be Measured in Patients with COPD. *Ann Am Thorac Soc* 2015;12:1269–77.
- [11] Bui KL, Nyberg A, Rabinovich R, et al. The Relevance of Limb Muscle Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Review For Clinicians. *Clin Chest Med* 2019;40:367–83.
- [12] Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1575–81.
- [13] American Thoracic S, American College of Chest P. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:211–77.
- [14] Veidal S, Jeppengaard M, Sverrild A, et al. The impact of dysfunctional breathing on the assessment of asthma control. *Respir Med* 2017;123:42–7.
- [15] De Jesus AM, Chabrol J, Aguilaniu B, et al. Cardiopulmonary exercise testing and dyspnea in patients with chronic respiratory diseases. *Rev Mal Respir* 2014;31:754–64.
- [16] Palange P, Ward S, Carlsen A, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 2007;29:185–209.
- [17] Nici L, Donner C, Wouters E, et al. American thoracic society/european respiratory society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173:1390–413.
- [18] Casaburi R, Patessio A, Ioli F, et al. Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:9–18.
- [19] Maltais F, Leblanc P, Jobin J, et al. Intensity of training and physiologic adaptation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:555–61.
- [20] O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic Hyperinflation and Exercise Intolerance in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:770–7.
- [21] Whipp BJ, Ward SA. Quantifying intervention-related improvements in exercise tolerance. *Eur Respir J* 2009;33:1254–60.
- [22] Puente-Maestu L, Villar F, de Miguel J, et al. Clinical relevance of constant power exercise duration changes in COPD. *Eur Respir J* 2009;34:340–5.
- [23] Andrianopoulos V, Wagers SS, Groenen MT, et al. Characteristics and determinants of endurance cycle ergometry and six-minute walk distance in patients with COPD. *BMC Pulmon Med* 2014;14:97.
- [24] van der Vaart H, Murgatroyd SR, Rossiter HB, et al. Selecting constant work rates for endurance testing in COPD: the role of the power-duration relationship. *COPD* 2014;11:267–76.
- [25] Degani-Costa LH, O'Donnell DE, Webb K, et al. A Simplified Approach to Select Exercise Endurance Intensity for Interventional Studies in COPD. *COPD* 2018;15:139–47.
- [26] O'Donnell DE, Travers J, Webb KA, et al. Reliability of ventilatory parameters during cycle ergometry in multicentre trials in COPD. *Eur Respir J* 2009;34:866–74.
- [27] van't HA, Gosselink R, Kwakkel G. Constant-load cycle endurance performance: test-retest reliability and validity in patients with COPD. *J Cardio Pulmon Rehabil* 2003;23:143–50.
- [28] Vivodtzev I, Gagnon P, Pepin V, et al. Physiological correlates of endurance time variability during constant-workrate cycling exercise in patients with COPD. *PLoS One* 2011;6:e17007.
- [29] O'Donnell DE, McGuire M, Samis L, et al. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:1489–97.
- [30] O'Donnell DE, Milne KM, James MD, et al. Dyspnea in COPD: New Mechanistic Insights and Management Implications. *Adv Ther* 2020;37:41–60.
- [31] Radtke T, Crook S, Kaltsakas G, et al. ERS statement on standardisation of cardiopulmonary exercise testing in chronic lung diseases. *Eur Respir Rev* 2019;28:180101.
- [32] Bui K-L, Nyberg A, Maltais F, et al. Functional Tests in Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Part 2: Measurement Properties. *Ann Am Thorac Soc* 2017;14:785–94.
- [33] Holland AE, Spruit MA, Troosters T, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J* 2014;44:1428–46.
- [34] Singh SJ, Puhon MA, Andrianopoulos V, et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease; 2014. p. 1447–78.
- [35] Spencer LM, Alison JA, McKeough ZJ. Six-minute walk test as an outcome measure: are two six-minute walk tests necessary immediately after pulmonary rehabilitation and at three-month follow-up? *Am J Phys Med Rehabil* 2008;87:224–8.
- [36] Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2002;20:564–9.
- [37] Poulain M, Durand F, Palomba B, et al. et al., 6-Minute Walk Testing Is More Sensitive Than Maximal Incremental Cycle Testing for Detecting Oxygen Desaturation in Patients With COPD. *Chest* 2003;123:1401.
- [38] McCarthy B, Casey D, Devane D, et al. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;2:CD003793.
- [39] Emtner MI, Arnardottir HR, Hallin R, et al. Walking distance is a predictor of exacerbations in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med* 2007;101:1037–40.
- [40] Ringbaek T, Martinez G, Brondum E, et al. Shuttle walking test as predictor of survival in chronic obstructive pulmonary disease patients enrolled in a rehabilitation program. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2010;30:409–14.
- [41] Eiser N, Willsher D, Dore CJ. Reliability, repeatability and sensitivity to change of externally and self-paced walking tests in COPD patients. *Respir Med* 2003;97:407–14.
- [42] Hill K, Ng C, Wootton SL, et al. The minimal detectable difference for endurance shuttle walk test performance in people with COPD on completion of a program of high-intensity ground-based walking. *Respir Med* 2019;146:18–22.
- [43] Altenburg WA, Duiverman ML, Ten Hacken NH, et al. Changes in the endurance shuttle walk test in COPD patients with chronic respiratory failure after pulmonary rehabilitation: the minimal important difference obtained with anchor- and distribution-based method. *Respir Res* 2015;16:27.

- [44] Crook S, Busching G, Schultz K, et al. A multicentre validation of the 1-min sit-to-stand test in patients with COPD. *Eur Respir J* 2017;49:1601871.
- [45] Vaidya T, de Bisschop C, Beaumont M, et al. Is the 1-minute sit-to-stand test a good tool for the evaluation of the impact of pulmonary rehabilitation? Determination of the minimal important difference in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2016;11:2609–16.
- [46] Lord SR, Murray SM, Chapman K, et al. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002;57:M539–43.
- [47] Strassmann A, Steurer-Stey C, Lana KD, et al. Population-based reference values for the 1-min sit-to-stand test. *Int J Public Health* 2013;58:949–53.
- [48] Rausch-Osthoff AK, Kohler M, Sievi NA, et al. Association between peripheral muscle strength, exercise performance, and physical activity in daily life in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Multidiscip Respir Med* 2014;9:37.
- [49] Ozalevli S, Ozden A, Gocen Z, et al. Comparison of six-minute walking tests conducted with and without supplemental oxygen in patients with chronic obstructive pulmonary disease and exercise-induced oxygen desaturation. *Ann Saudi Med* 2007;27:94–100.
- [50] Reychler G, Boucard E, Peran L, et al. One minute sit-to-stand test is an alternative to 6MWT to measure functional exercise performance in COPD patients. *Clin Respir J* 2018;12:1247–56.
- [51] Gephine S, Bergeron S, Tremblay-Labrecque PF, et al. Cardiorespiratory Response during the 1-min Sit-to-Stand Test in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Med Sci Sports Exerc* 2020;52:1441–8.
- [52] Aguilaniu B, Roth H, Gonzalez-Bermejo J, et al. A simple semipaced 3-minute chair rise test for routine exercise tolerance testing in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2014;9:1009–19.
- [53] Lévesque J, Antoniadis A, Li PZ, et al. Minimal clinically important difference of 3-minute chair rise test and the DIRECT questionnaire after pulmonary rehabilitation in COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2019;14:8.
- [54] Grosbois JM, Riquier C, Chehere B, et al. Six-minute stepper test: a valid clinical exercise tolerance test for COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2016;11:657–63.
- [55] Vanhauwermeiren C, Martin C, Bauler A. Évaluation de la tolérance à l'effort des BPCO sévères: comparaison entre ST3 et ST6. *Rev Mal Respir* 2015;32:A87.
- [56] Delourme J, Stervinou-Wemeau L, Salleron J, et al. Six-minute stepper test to assess effort intolerance in interstitial lung diseases. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis* 2012;29:107–12.
- [57] Borel B, Fabre C, Saison S, et al. An original field evaluation test for chronic obstructive pulmonary disease population: the six-minute stepper test. *Clin Rehabil* 2010;24:82–93.
- [58] Coquart JB, Lemaître F, Castres I, et al. Reproducibility and Sensitivity of the 6-Minute Stepper Test in Patients with COPD. *COPD* 2015;12:533–8.
- [59] Wallaert B, Duthoit L, Drumez E, et al. Long-term evaluation of home-based pulmonary rehabilitation in patients with fibrotic idiopathic interstitial pneumonias. *ERJ Open Res* 2019;5, 00045-2019.
- [60] Pichon R, Couturaud F, Mialon P, et al. Responsiveness and Minimally Important Difference of the 6-Minute Stepper Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respiration* 2016;91:367–73.
- [61] Bonnevie T, Allingham M, Prieur G, et al. The six-minute stepper test is related to muscle strength but cannot substitute for the one repetition maximum to prescribe strength training in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2019;14:767–74.
- [62] Bonnevie T, Gravier FE, Leboullenger M, et al. Six-minute Stepper Test to Set Pulmonary Rehabilitation Intensity in Patients with COPD - A Retrospective Study. *COPD* 2017;14:293–7.
- [63] Fabre C, Chehere B, Bart F, et al. Relationships between heart rate target determined in different exercise testing in COPD patients to prescribed with individualized exercise training. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2017;12:1483–9.
- [64] Beutner F, Ubrich R, Zachariae S, et al. Validation of a brief step-test protocol for estimation of peak oxygen uptake. *Eur J Prev Cardiol* 2015;22:503–12.
- [65] Beaumont M, Losq A, Peran L, et al. Comparison of 3-minute Step Test (3MStepT) and 6-minute Walk Test (6MWT) in Patients with COPD. *COPD* 2019;16:266–71.
- [66] Borel B, Wilkinson-Maitland CA, Hamilton A, et al. Three-minute constant rate step test for detecting exertional dyspnea relief after bronchodilation in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2016;11:2991–3000.
- [67] Perrault H, Baril J, Henophy S, et al. Paced-walk and step tests to assess exertional dyspnea in COPD. *COPD* 2009;6:330–9.
- [68] Holland AE, Rasekaba T, Wilson JW, et al. Desaturation during the 3-minute step test predicts impaired 12-month outcomes in adult patients with cystic fibrosis. *Respir Care* 2011;56:1137–42.
- [69] Balfour-Lynn IM, Prasad SA, Laverty A, et al. A step in the right direction: assessing exercise tolerance in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1998;25:278–84.
- [70] Dal Corso S, Duarte SR, Neder JA, et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur Respir J* 2007;29:330–6.
- [71] da Costa JN, Arcuri JF, Goncalves IL, et al. Reproducibility of cadence-free 6-minute step test in subjects with COPD. *Respir Care* 2014;59:538–42.
- [72] Pessoa BV, Arcuri JF, Labadessa IG, et al. Validity of the six-minute step test of free cadence in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Braz J Phys Ther* 2014;18:228–36.
- [73] Giacomantonio N, Morrison P, Rasmussen R, et al. Reliability and Validity of the 6-Minute Step Test for Clinical Assessment of Cardiorespiratory Fitness in People at Risk of Cardiovascular Disease. *J Strength Cond Res* 2020;34:1376–82.
- [74] Marrara KT, Marino DM, Jamami M, et al. Responsiveness of the six-minute step test to a physical training program in patients with COPD. *J Bras Pneumol* 2012;38:579–87.
- [75] Sheppard E, Chang K, Cotton J, et al. Functional Tests of Leg Muscle Strength and Power in Adults With Cystic Fibrosis. *Respir Care* 2019;64:40–7.
- [76] Bean JF, Kiely DK, LaRose S, et al. Is stair climb power a clinically relevant measure of leg power impairments in at-risk older adults? *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:604–9.
- [77] Butcher SJ, Pikaluk BJ, Chura RL, et al. Associations between isokinetic muscle strength, high-level functional performance, and physiological parameters in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2012;7:537–42.
- [78] Roig M, Eng JJ, MacIntyre DL, et al. Associations of the Stair Climb Power Test with muscle strength and functional performance in people with chronic obstructive pulmonary disease: a cross-sectional study. *Phys Ther* 2010;90:1774–82.
- [79] Beauchamp MK, Hill K, Goldstein RS, et al. Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respir Med* 2009;103:1885–91.
- [80] Kon SSC, Jones SE, Schofield SJ, et al. Gait speed and readmission following hospitalisation for acute exacerbations of COPD: a prospective study. *Thorax* 2015;70:1131–7.

- [81] Beauchamp MK, Brooks D, Ellerton C, et al. Pulmonary Rehabilitation With Balance Training for Fall Reduction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Res Protoc* 2017;6:e228.
- [82] Kon SSC, Canavan JL, Nolan CM, et al. The 4-metre gait speed in COPD: responsiveness and minimal clinically important difference. *Eur Respir J* 2014;43:1298–305.
- [83] Mesquita R, Janssen DJ, Wouters EF, et al. Within-day test-retest reliability of the Timed Up & Go test in patients with advanced chronic organ failure. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94:2131–8.
- [84] Patel MS, Mohan D, Andersson YM, et al. Phenotypic characteristics associated with reduced short physical performance battery score in COPD. *Chest* 2014;145:1016–24.
- [85] Kon SS, Canavan JL, Nolan CM, et al. The 4-metre gait speed in COPD: responsiveness and minimal clinically important difference. *Eur Respir J* 2014;43:1298–305.
- [86] Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142–8.
- [87] Bui K, Nyberg A, Maltais F, et al. Functional Tests in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Part 2: Measurement Properties. *Ann Am Thorac Soc* 2017;14:785–94.
- [88] Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil* 1986;67:387–9.
- [89] Gunter KB, White KN, Hayes WC, et al. Functional mobility discriminates nonfallers from one-time and frequent fallers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55:M672–6.
- [90] Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther* 2002;82:128–37.
- [91] Barry E, Galvin R, Keogh C, et al. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr* 2014;14:14.
- [92] Beauchet O, Fantino B, Allali G, et al. Timed Up and Go test and risk of falls in older adults: a systematic review. *J Nutr Health Aging* 2011;15:933–8.
- [93] Marques A, Cruz J, Quina S, et al. Reliability, Agreement and Minimal Detectable Change of the Timed Up & Go and the 10-Meter Walk Tests in Older Patients with COPD. *COPD* 2016;13:279–87.
- [94] Al Haddad MA, John M, Hussain S, et al. Role of the Timed Up and Go Test in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2016;36:49–55.
- [95] Reynaud V, Muti D, Pereira B, et al. A TUG Value Longer Than 11 s Predicts Fall Risk at 6-Month in Individuals with COPD. *J Clin Med* 2019;8:1752.
- [96] Teo TW, Mong Y, Ng SS. The repetitive five-times-sit-to-stand test: Its reliability in older adults. *IJTR* 2013;20:122–32.
- [97] Jones SE, Kon SS, Canavan JL, et al. The five-repetition sit-to-stand test as a functional outcome measure in COPD. *Thorax* 2013;68:1015–20.
- [98] Bohannon RW. Test-retest reliability of the five-repetition sit-to-stand test: a systematic review of the literature involving adults. *J Strength Cond Res* 2011;25:3205–7.
- [99] Schaubert KL, Bohannon RW. Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. *J Strength Cond Res* 2005;19:717–20.
- [100] Roig M, Eng JJ, MacIntyre DL, et al. Deficits in muscle strength, mass, quality, and mobility in people with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011;31:120–4.
- [101] Bernabeu-Mora R, Medina-Mirapeix F, Llamazares-Herran E, et al. The accuracy with which the 5 times sit-to-stand test, versus gait speed, can identify poor exercise tolerance in patients with COPD: a cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4740.
- [102] Peters DM, Fritz SL, Krotish DE. Assessing the reliability and validity of a shorter walk test compared with the 10-Meter Walk Test for measurements of gait speed in healthy, older adults. *J Geriatr Phys Ther* 2013;36:24–30.
- [103] Graham JE, Ostir GV, Fisher SR, et al. Assessing walking speed in clinical research: a systematic review. *J Eval Clin Pract* 2008;14:552–62.
- [104] Kon SS, Patel MS, Canavan JL, et al. Reliability and validity of 4-metre gait speed in COPD. *Eur Respir J* 2013;42:333–40.
- [105] DePew ZS, Karpman C, Novotny PJ, et al. Correlations between gait speed, 6-minute walk distance, physical activity, and self-efficacy in patients with severe chronic lung disease. *Respir Care* 2013;58:2113–9.
- [106] Karpman C, Benzo R. Gait speed as a measure of functional status in COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2014;9:1315–20.
- [107] Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 1994;49:M85–94.
- [108] Lauretani F, Ticinesi A, Gionti L, et al. Short-Physical Performance Battery (SPPB) score is associated with falls in older outpatients. *Aging Clin Exp Res* 2019;31:1435–42.
- [109] Puthoff ML. Outcome measures in cardiopulmonary physical therapy: short physical performance battery. *Cardiopulm Phys Ther J* 2008;19:17–22.
- [110] Bernabeu-Mora R, Medina-Mirapeix F, Llamazares-Herran E, et al. The Short Physical Performance Battery is a discriminative tool for identifying patients with COPD at risk of disability. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2015;10:2619–26.
- [111] Perracini MR, Mello M, de Oliveira Maximo R, et al. Diagnostic Accuracy of the Short Physical Performance Battery for Detecting Frailty in Older People. *Phys Ther* 2020;100:90–8.
- [112] Medina-Mirapeix F, Bernabeu-Mora R, Llamazares-Herran E, et al. Interobserver Reliability of Peripheral Muscle Strength Tests and Short Physical Performance Battery in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Observational Study. *Arch Phys Med Rehabil* 2016;97:2002–5.
- [113] Correa KS, Karloh M, Martins LQ, et al. Can the Glittre ADL test differentiate the functional capacity of COPD patients from that of healthy subjects? *Rev Bras Fisioter* 2011;15:467–73.
- [114] Karloh M, Araujo CL, Gulart AA, et al. The Glittre-ADL test reflects functional performance measured by physical activities of daily living in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Braz J Phys Ther* 2016;20:223–30.
- [115] Skumlien S, Hagelund T, Bjortuft O, et al. A field test of functional status as performance of activities of daily living in COPD patients. *Respir Med* 2006;100:316–23.
- [116] Karloh M, Karsten M, Pissai FV, et al. Physiological responses to the Glittre-ADL test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Rehabil Med* 2014;46:88–94.
- [117] Saey JP, Fastrez J. Acute ischaemia of the lower limb and sciatic artery aneurysm. *Cardiovasc Surg* 1994;2:271–4.
- [118] Nyberg A, Saey D, Maltais F. Why and How Limb Muscle Mass and Function Should Be Measured in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Ann Am Thorac Soc* 2015;12:1269–77.
- [119] American College of Sports M. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia: Lippincott W, Wilkins, editors; 2014.
- [120] Taylor NA, Sanders RH, Howick EI, et al. Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;62:180–8.
- [121] Robles PG, Mathur S, Janaudis-Ferreira T, et al. Measurement of peripheral muscle strength in individuals with chronic

- obstructive pulmonary disease: a systematic review. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011;31:11–24.
- [122] Levinger I, Goodman C, Hare DL, et al. The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *J Sci Med Sport* 2009;12:310–6.
- [123] Swallow EB, Reyes D, Hopkinson NS, et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2007;62:115–20.
- [124] Bachasson D, Villiot-Danger E, Verges S, et al. Maximal isometric voluntary quadriceps strength assessment in COPD. *Rev Mal Respir* 2014;31:765–70.
- [125] Ribeiro F, Lepine P-A, Garceau-Bolduc C, et al. Test-retest reliability of lower limb isokinetic endurance in COPD: A comparison of angular velocities. *Int J Chron Obstruc Pulmon Dis* 2015;10:1163–72.
- [126] O’Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:32–6.
- [127] Stark T, Walker B, Phillips JK, et al. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R* 2011;3:472–9.
- [128] Bui KL, Mathur S, Dechman G, et al. Fixed Hand-held Dynamometry Provides Reliable and Valid Values for Quadriceps Isometric Strength in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Multicenter Study. *Phys Ther* 2019;99:1255–67.
- [129] Andrews AW, Thomas MW, Bohannon RW. Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther* 1996;76:248–59.
- [130] Danneskiold-Samsoe B, Kofod V, Munter J, et al. Muscle strength and functional capacity in 78-81-year-old men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1984;52:310–4.
- [131] Meldrum D, Cahalane E, Conroy R, et al. Maximum voluntary isometric contraction: reference values and clinical application. *Amyotroph Lateral Scler* 2007;8:47–55.
- [132] Yorke AM, Curtis AB, Shoemaker M, et al. Grip strength values stratified by age, gender, and chronic disease status in adults aged 50 years and older. *J Geriatr Phys Ther* 2015;38:115–21.
- [133] Hogrel JY, Payan CA, Ollivier G, et al. Development of a French isometric strength normative database for adults using quantitative muscle testing. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:1289–97.
- [134] Marengoni A, Vetrano DL, Manes-Gravina E, et al. The Relationship Between COPD and Frailty: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Chest* 2018;154:21–40.
- [135] Spruit MA, Sillen MJ, Groenen MT, et al. New normative values for handgrip strength: results from the UK Biobank. *J Am Med Dir Assoc* 2013;14 [775 e5-11].
- [136] Ribeiro F, Lepine PA, Garceau-Bolduc C, et al. Test-retest reliability of lower limb isokinetic endurance in COPD: A comparison of angular velocities. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2015;10:1163–72.
- [137] Vieira L, Bottaro M, Celes R, et al. Isokinetic muscle evaluation of quadriceps in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Port Pneumol* 2010;16:717–36.
- [138] Sapega AA, Drillings G. The definition and assessment of muscular power. *J Orthop Sports Phys Ther* 1983;5:7–9.
- [139] Izquierdo M, Ibanez J, Gorostiaga E, et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand* 1999;167:57–68.
- [140] Webber SC, Porter MM. Reliability of ankle isometric, isotonic, and isokinetic strength and power testing in older women. *Phys Ther* 2010;90:1165–75.
- [141] Marklund S, Bui KL, Nyberg A. Measuring and monitoring skeletal muscle function in COPD: current perspectives. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2019;14:1825–38.
- [142] Bui K, Saey NN, Dechman D, et al. Reliability of quadriceps muscle power and explosive force, and relationship to physical function in people with chronic obstructive pulmonary disease: an observational prospective multicenter study. *Physiother Theory Pract* 2019;19:1–9.
- [143] Takai Y, Ohta M, Akagi R, et al. Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and strength in the elderly: a novel approach. *J Physiol Anthropol* 2009;28:123–8.
- [144] Reid KF, Doros G, Clark DJ, et al. Muscle power failure in mobility-limited older adults: preserved single fiber function despite lower whole muscle size, quality and rate of neuromuscular activation. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:2289–301.
- [145] Hernandez M, Zambom-Ferraresi F, Cebollero P, et al. The Relationships Between Muscle Power and Physical Activity in Older Men With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J Aging Phys Act* 2017;25:360–6.
- [146] Bean JF, Leveille SG, Kiely DK, et al. A comparison of leg power and leg strength within the InCHIANTI study: which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:728–33.
- [147] Beaumont M, Kerautret G, Peran L, et al. Reproducibility of strength and endurance measurements of the quadriceps in patients with COPD. *Rev Mal Respir* 2017;34:1000–6.
- [148] Evans RA, Kaplovitch E, Beauchamp MK, et al. Is quadriceps endurance reduced in COPD?: a systematic review. *Chest* 2015;147:673–84.
- [149] Serres I, Gautier V, Varray AL, et al. Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in COPD patients. *Chest* 1998;113:900–5.
- [150] Nyberg A, Lindstrom B, Rickenlund A, et al. Low-load/high-repetition elastic band resistance training in patients with COPD: a randomized, controlled, multicenter trial. *The Clin Respir J* 2015;9:278–88.
- [151] Vilaro J, Rabinovich R, Gonzalez-deSuso JM, et al. Clinical assessment of peripheral muscle function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2009;88:39–46.