MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

UN TEST DE STEPPER DE 3 MINUTES POUR ÉVALUER LA TOLÉRANCE À L'EFFORT DES PATIENTS BPCO

Mémoire présenté par **Ophélie MOREAU**

étudiante en 3ème année de masso-kinésithérapie

en vue de l'obtention du Diplôme d'État

de Masseur-Kinésithérapeute.

2012-2013.

SOMMAIRE

ABRÉVIATIONS
RÉSUMÉ
1. INTRODUCTION 1
2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 2
3. QUELQUES RAPPELS 3
3.1. La bronchopneumopathie chronique obstructive 3
3.1.1. Définition 3
3.1.2. Facteurs étiologiques - Épidémiologie 3
3.1.3. Diagnostic - Classification 4
3.1.4. Manifestations systémiques 5
3.2. La réhabilitation respiratoire 6
3.2.1. Définition 6
3.2.2. Contenu 7
3.2.3. Résultats des programmes de réhabilitation respiratoire 8
3.3. Le stepper test de 6 minutes 8
3.3.1. Définition et utilisation en pneumologie 8
3.3.2. Histoire 9
3.3.3. Techniques apparentées existantes 9
4. MATÉRIEL ET MÉTHODE 10
4.1. Population 10
4.1.1. Critères d'inclusion 10
4.1.2. Critères d'exclusion 11
4.2. Matériel expérimental 11
4.3. Méthode d'évaluation 13
4.3.1. Pré requis 13
4.3.2. Consignes – Installation 14
4.3.3. Déroulement des tests 15
4.3.4. Méthode statistique 15
5. RÉSULTATS 16
5.1. Description de la population 16

5.2. Présentation des résultats 17
5.3. Analyse des résultats 17
5.3.1. La dyspnée 17
5.3.2. La fréquence cardiaque 18
5.3.3. La saturation pulsée en oxygène 19
5.3.4. Le nombre de marches 20
5.3.5. La douleur des membres inférieurs 22
5.3.6. En résumé 23
6. DISCUSSION 23
6.1. Exploitation des résultats 23
6.2. Considérations sur la méthodologie 25
6.3. Difficultés rencontrées 27
6.4. Comparaison à d'autres techniques 28
6.5. Points forts et limites d'un test plus court 28
7. CONCLUSION 30
BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES

ABRÉVIATIONS

ATS	American Thoracic Society
BPCO	Bronchopneumopathie Chronique Obstructive
bpm	Battements par minute
CV	Capacité Vitale
DMIC	Différence Minimale d'Intensité Clinique
ECG	Électrocardiogramme
EFR	Exploration Fonctionnelle Respiratoire
EFX	Épreuve Fonctionnelle d'Exercice
ERS	European Respiratory Society
ESWT	Endurance Shuttle Walk Test
EVA	Échelle Visuelle Analogique
FC	Fréquence Cardiaque
GOLD	Global Initiative for Obstructive Lung Disease
HTA	Hypertension Artérielle
IMC	Indice de Masse Corporelle
ISWT	Incremental Shuttle Walk Test
MI	Membres Inférieurs
MK	Masseur-Kinésithérapeute
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
RR	Réhabilitation Respiratoire
SPLF	Société de Pneumologie de Langue Française
SpO_2	Saturation pulsée de l'hémoglobine en oxygène (par oxymétrie de pouls)
ST3	Stepper Test de 3 minutes
ST3_3	État à 3 minutes du Stepper Test de 3 minutes
ST6	Stepper Test de 6 minutes
ST6_3	État à 3 minutes du Stepper Test de 6 minutes
ST6_6	État à 6 minutes du Stepper Test de 6 minutes
TA	Tension Artérielle
TDM6	Test De Marche de 6 minutes
VEMS	Volume Expiratoire Maximal Seconde
VRI	Volume de Réserve Inspiratoire
VC	Volume Courant

RÉSUMÉ

Introduction : La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une maladie chronique générale d'origine respiratoire dont l'évolution est progressivement péjorative. La réhabilitation respiratoire peut améliorer la qualité de vie des patients atteints. Le test de stepper de 6 minutes (ST6) permet aux masseurs-kinésithérapeutes (MK) de suivre les performances des patients en pré et post réhabilitation et ainsi acquérir une notion concernant leurs incapacités et leurs progrès au cours de la rééducation. Ce test d'évaluation de la tolérance à l'effort est simple et facile à mettre en œuvre.

Objectif : Le but de ce travail est d'analyser la validité d'un test de stepper d'une durée moindre : 3 minutes, par rapport à celui de 6 minutes en comparant les résultats réalisés par une population de BPCO.

Méthode : 25 patients porteurs de BPCO (âge (ans) : 70,2±9,6 ; VEMS (% théorique) : 54,9±20,8) sont recrutés. Chaque personne réalise 2 tests sur stepper, de 3 et 6 minutes, dans un ordre aléatoire. La performance correspond au nombre de marches comptabilisé durant l'exercice. La fréquence cardiaque (FC : battements par minute), la saturation en O_2 (SpO_2 : %), la dyspnée (Borg modifiée 0-10), la douleur des membres inférieurs (EVA) et la tension artérielle (TA : cmHg) sont relevées.

Résultats : Les analyses statistiques ne démontrent pas de différences significatives entre les deux tests concernant la SpO_2 (p=0,379), la dyspnée (p=0,139), la FC (p=0,112) et la douleur des membres inférieurs (p=0,133) en fin d'épreuve. Nous obtenons un coefficient de corrélation très significatif entre les performances des patients au cours de la dernière minute de chacun des tests (r=0,87). Les résultats sont similaires, que l'évaluation se déroule en 3 ou 6 minutes.

Discussion : D'autres études doivent être menées pour affirmer la place et le potentiel de cette épreuve dans l'évaluation et la rééducation.

Conclusion : La validité du test de stepper de 3 minutes est confirmée : il peut évaluer avec exactitude la capacité d'effort des patients BPCO avec une durée d'effort moindre, moins fatigant pour le patient et moins consommateur de temps pour le MK.

Mots clés : BPCO, réhabilitation respiratoire, stepper test, tolérance, effort
Key words : COPD, respiratory rehabilitation, stepper test, tolerance, effort

1. INTRODUCTION

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une maladie respiratoire inflammatoire, chronique et lentement progressive qui se caractérise par une limitation des débits aériens et entraîne des lésions broncho-pulmonaires. Elle induit un handicap fonctionnel majeur. Elle représente un véritable enjeu de santé publique de par l'augmentation de sa prévalence [1].

La prise en charge kinésithérapique des patients souffrant de BPCO a pour objectifs d'améliorer l'évacuation du mucus, réduire la dyspnée, améliorer la capacité d'effort ainsi que la connaissance, la prise en charge autonome et la confiance des patients en la capacité de faire certaines choses [2]. Il s'agit d'améliorer leur qualité de vie et limiter les incapacités et désavantages qui résultent de l'atteinte.

La réhabilitation respiratoire (RR) est une étape clé de la thérapeutique de la BPCO [3, 4]. C'est un programme de prise en charge de la maladie dans sa globalité : kinésithérapie respiratoire, reprise d'une activité physique, éducation thérapeutique, sevrage du tabac, prise en charge nutritionnelle et psychologique. Dans le cadre de ce traitement, plusieurs tests standardisés sont utilisés par le Masseur-Kinésithérapeute (MK) afin d'évaluer les conséquences fonctionnelles de la pathologie et permettre la personnalisation du programme de réentrainement [5].

Au cours de notre parcours de stage, au centre hospitalier de Remiremont, nous sommes amenés à suivre des séances collectives de RR. Lors de celles-ci, plusieurs tests sont employés à type de bilans pré et post réhabilitation afin de pouvoir observer et évaluer de façon objective les progrès effectués par les patients. Dans le cadre de l'évaluation de la limitation de la tolérance à l'effort, nous remarquons qu'un test sur stepper est réalisé en 3 minutes, le but étant de réaliser un nombre de marches qui soit le plus élevé possible durant cette période. Ce test est employé par le collège professionnel sur une durée de 6 minutes [6]. Nous proposons alors d'analyser la validité de cette épreuve. Permet-elle d'évaluer avec exactitude la capacité d'effort de ces patients avec une durée moindre ?

Le but de notre étude est de savoir si un test sur stepper de 3 minutes (ST3) peut se substituer au stepper test de 6 minutes (ST6) pour l'évaluation de la tolérance à l'effort des patients atteints de BPCO. Nous tentons de répondre à cette interrogation en étudiant une population de 25 patients souffrant de BPCO ayant effectué le test de 3 minutes et celui de 6 minutes au sein des services de pneumologie des hôpitaux d'Epinal et de Remiremont.

Nous nous intéressons dans un premier temps à la BPCO, nous abordons dans un second temps la réhabilitation respiratoire ainsi que la mise en pratique du stepper test au sein de celle-ci, puis nous nous consacrons à la méthode de l'étude et aux résultats.

2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Notre recherche bibliographique a pour objectif de recenser les informations concernant le ST6 et son utilisation. Nous l'effectuons afin de vérifier l'existence d'études antérieures sur notre sujet et de nous appuyer sur des références littéraires. Nous recherchons également des informations concernant la BPCO et la réhabilitation respiratoire.

Les mots-clés utilisés sont : stepper test, BPCO, réhabilitation respiratoire, tolérance, effort. Ces différents mots-clés sont utilisés de façon isolés ou combinés entre eux. Nous employons également sur de nombreux moteurs de recherche leurs homonymes anglais : stepper test, COPD, respiratory rehabilitation, tolerance, effort.

La recherche documentaire est réalisée par interrogation de différents moteurs de recherche et banques de données :

- Bases de données des recommandations de bonnes pratiques : HAS, PEDro, PubMed.
- Bases de données spécifiques : Réedoc, Kinedoc, ScienceDirect, SciELO.
- Autres bases de données : CHEST, SPLF, GOLD.
- Moteurs de recherche des revues : EM Consulte (Kinésithérapie la revue, Revue des Maladies Respiratoires), Thorax, Kinesithérapie Scientifique, Respiratory Care, European Respiratory Journal, Respiratory Research, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine (AJRCCM), ANNALS Academy of Medicine Singapore.

- Autres sites internet : http://fr.groups.yahoo.com/group/kinerespi ; www.who.int/fr ; www.sante.gouv.fr ; www.actukine.com.

Une recherche est ensuite menée à partir des références bibliographiques des premiers articles sélectionnés. De plus, une recherche manuelle est effectuée dans la bibliothèque universitaire de médecine de Nancy. (ANNEXE I)

Notre recherche est basée sur l'actualité des dix dernières années. Elle est étendue sur de plus longues périodes pour les publications de référence.

3. QUELQUES RAPPELS

3.1. La bronchopneumopathie chronique obstructive

3.1.1. Définition

La BPCO est «une maladie respiratoire chronique définie par une obstruction permanente et progressive des voies aériennes. Cette obstruction est causée par l'association, variable selon les patients, d'une diminution du calibre des bronchioles du fait de modifications anatomiques (remodelage) et d'une destruction des alvéoles pulmonaires (emphysème). Il s'y associe une réponse inflammatoire pulmonaire anormale à des toxiques inhalés (tabac, polluants...)» [5]. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) précise que c'est une maladie «sous diagnostiquée, qui engage le pronostic vital, interfère avec le processus normal de la respiration et n'est pas entièrement réversible» [7]. Cette atteinte est durant longtemps non ressentie par le malade, donc fréquemment diagnostiquée chez des personnes âgées d'au moins quarante cinq ans. Elle évolue à bas bruit en l'absence de prise en charge adaptée et entraîne des lésions majeures.

3.1.2. Facteurs étiologiques - Épidémiologie

Bien que le tabagisme (actif ou passif) soit, de loin, le principal facteur de risque de la pathologie ; l'intervention de facteurs génétiques (déficit en alpha 1 antitrypsine), l'exposition

professionnelle (particules organiques, poussières), la pollution atmosphérique ou encore l'âge (déclin physiologique de la fonction respiratoire à partir de 30-40 ans) sont autant d'éléments susceptibles de favoriser l'apparition de la maladie.

Le nombre de personnes qui souffrent de BPCO dans le monde est estimé à 64 millions [8] et à 3,5 millions en France [1]. La prévalence de cette pathologie est évaluée à 7,5% dans notre pays. Si l'incidence semble se stabiliser chez l'homme, elle tend à augmenter chez la femme [9] du fait de l'augmentation du tabagisme chez ces dernières dans les pays à revenu élevé. Cette affection, de part sa fréquence, est actuellement la 4ème cause de mortalité en France (16000 décès par an) et dans le monde (plus de 3 millions de décès chaque année). Elle devrait être amenée au troisième rang mondial des décès par maladie d'ici à 2020, et serait la 5ème cause de handicap [10].

3.1.3. Diagnostic - Classification

Cette pathologie est confirmée par un test diagnostique appelé exploration fonctionnelle respiratoire (EFR), qui permet de mesurer les volumes d'air qu'une personne est capable de mobiliser et la vitesse à laquelle l'air pénètre dans les poumons et en ressort. (ANNEXE II)

Il est recommandé de réaliser une spirométrie en présence de symptômes suggérant l'existence d'une BPCO : dyspnée persistante, toux chronique et/ou expectoration chronique. Elle doit être également réalisée chez les sujets considérés comme «à risque», c'est à dire exposés à des facteurs prédisposant (grade A). [11, 12]

Le MK est autorisé, par son décret de compétences (article R4321-13) à participer à des actions de dépistage. Il est amené, par exemple, à voir le patient au cours d'activités physiques et peut repérer une situation anormale d'essoufflement. [13, 14]

Selon GOLD, la classification en stades de sévérité (I à IV) de la maladie est basée sur le degré d'obstruction bronchique (tab. I). Le syndrome obstructif étant défini par une diminution du rapport de Tiffeneau : VEMS (Volume Expiratoire Maximal Seconde) / CV

(Capacité Vitale) < 70%, après administration de bronchodilatateurs [5]. Le niveau d'atteinte dépend du VEMS mesuré.

Tableau I : Classification spirométrique de la BPCO en stades de sévérité [5]

Classification de la BPCO en stades de sévérité		
Stade I : léger	VEMS/CVF < 70 %	VEMS ≥ 80 % valeur prédite
Stade II : modéré		50 % ≤ VEMS < 80 % valeur prédite
Stade III : sévère		30 % ≤ VEMS < 50 % valeur prédite
Stade IV : très sévère		VEMS < 30 % valeur prédite ou VEMS < 50 % valeur prédite avec insuffisance respiratoire chronique grave

La valeur prédite est définie par des abaques, prenant en compte l'âge, le sexe, la taille et l'origine ethnique

3.1.4. Manifestations systémiques

La BPCO associe deux versants principaux entraînant une diminution de la tolérance à l'effort. En 1983, Young A. décrit la spirale du déconditionnement [15]. Nous notons dans un premier temps une limitation d'origine ventilatoire : la maladie conduit à une apparition de la dyspnée plus rapide. Le trouble obstructif empêche le patient d'augmenter son volume courant (VC) comme il le voudrait. Il se retrouve rapidement dans son volume de réserve inspiratoire (VRI), entraînant des contraintes mécaniques du système thoraco-pulmonaire. Le patient BPCO, essoufflé à l'effort, va spontanément réduire ses activités physiques et progressivement se sédentariser (fig. 1). D'autre part, il se produit un déconditionnement lié à l'altération musculaire, qui s'aggrave petit à petit et qui a une répercussion à son tour sur l'apparition du seuil de dyspnée. Nous observons une diminution de la masse et de la force musculaire associés à une diminution de la proportion des fibres de type I, lentes, responsables d'une activité en endurance (de type aérobie). Cette raréfaction se fait au profit des fibres de type II, rapides, plus fatigables, utilisées dans les exercices brefs et explosifs (de type anaérobie), avec pour conséquence une libération importante et précoce d'acide lactique. Il existe une réduction de la capillarisation et du nombre de mitochondries, d'où un métabolisme aérobie moins efficace. Cette atteinte musculaire, contrairement à l'obstruction bronchique, est réversible : c'est donc l'un des points d'impact de la réhabilitation.

Par ailleurs, les atteintes systémiques de ce déconditionnement musculaire sont nombreuses : dénutrition, atteinte cardio-vasculaire, ostéoporose. Ce qui fait de la BPCO une maladie «générale à point de départ respiratoire» [16].

La BPCO est une pathologie incurable, mais son traitement peut en ralentir l'évolution. Le but est d'améliorer la qualité de vie des patients BPCO. Afin de permettre une meilleure prise en charge et d'évaluer les répercussions de la maladie, le MK réalise un bilan diagnostique kinésithérapique. Ce dernier lui permet d'évaluer les déficiences, les limitations d'activité ainsi que les restrictions de participation du patient [17].

3.2. La réhabilitation respiratoire

3.2.1. Définition

Selon l'OMS, la réhabilitation est «un ensemble de soins personnalisés qui a pour but de renforcer les aptitudes physiques, mentales et sociales des patients afin de les autonomiser et d'améliorer leur qualité de vie» [18]. En 2009, la Société de Pneumologie de Langue Française (SPLF) la définit comme «un ensemble de moyens proposés au patient atteint d'une maladie respiratoire chronique pour réduire le handicap et améliorer la qualité de vie. Elle a pour objectif principal de maintenir dans la durée un niveau d'activités physiques quotidiennes jugé nécessaire à la santé physique et psychique du patient, de façon à diminuer les conséquences systémiques de la maladie et les coûts de santé» [5]. Ajoutons que, selon le groupe de travail commun de l'American Thoracic Society et de l'European Respiratory Society (ATS/ERS), «la réhabilitation, dont le contenu est basé sur les preuves, est une intervention multidisciplinaire et globale pour les patients atteints de maladies respiratoires chroniques qui sont symptomatiques et ont généralement une diminution des activités quotidiennes. Intégrée dans le traitement individualisé du patient, la réhabilitation respiratoire a pour objectifs de diminuer les symptômes, d'améliorer le statut fonctionnel, d'optimiser la participation sociale et de réduire le coût de la maladie en obtenant une stabilisation voire en réduisant les manifestations systémiques de la maladie» [4].

Ces trois définitions apportent les notions fondamentales de la RR : elle est individualisée, globale, fondée sur les preuves et pluridisciplinaire. Elle n'est pas le fait d'une seule profession mais est «l'intrication de différentes disciplines» [16].

3.2.2. Contenu

La RR comporte deux axes indispensables. D'une part symptomatique ; le traitement vise à diminuer les plaintes fonctionnelles du malade, améliorer sa dyspnée ainsi que sa tolérance à l'effort. Le réentraînement à l'exercice individualisé (associé à la kinésithérapie respiratoire) chez le sujet atteint de BPCO a pour but de renverser les cercles vicieux. Il consiste à remonter la spirale (fig. 1) afin de redévelopper la voie métabolique aérobie des muscles périphériques et diminuer l'hyperventilation, c'est-à-dire la part musculaire de la dyspnée. D'autre part, un axe psychosocial a pour rôle d'optimiser la qualité de vie du patient et de maintenir ses acquis sur le long terme par un changement de comportement grâce à l'éducation thérapeutique. Le MK intervient dans la gestion des symptômes et la reprise d'activités physiques dans la vie quotidienne. Ces objectifs éducatifs sont partagés avec les autres professionnels [12]. Ces deux piliers fondamentaux sont en interaction. 50% des malades chroniques n'adhèrent pas à leurs traitements [19] du fait de leur ignorance quant à l'utilité de ces derniers pour stabiliser la maladie, maladie qu'ils ne comprennent pas bien non plus. La RR s'inscrit dans le temps, c'est un véritable accompagnement du malade respiratoire chronique. Il s'agit de lui donner de nouvelles habiletés et habitudes.

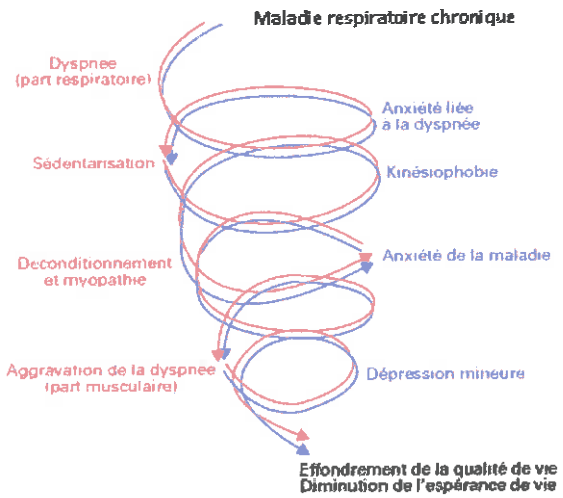


Figure 1 : La spirale du déconditionnement physique et psychosocial. [15, 16, 20]

La réhabilitation respiratoire doit être personnalisée, c'est-à-dire réalisée à un niveau d'intensité qui soit fonction de l'âge du patient, de l'avancée de sa pathologie et de sa tolérance à l'effort. D'où la nécessité d'une évaluation précise des capacités du sujet avant de débuter (grade B) [3]. Une épreuve fonctionnelle d'exercice (EFX) est réalisée par un pneumologue afin de quantifier les capacités physiques du patient et de dépister toute contre indication éventuelle à un programme de RR. L'évaluation des limitations de capacités d'exercice se fait à partir de tests de terrain réalisés par le MK.

3.2.3. Résultats des programmes de réhabilitation respiratoire

En termes d'Evidence Based Medicine, la RR diminue la dyspnée d'effort (grade A), améliore la tolérance à l'effort (A), réduit l'anxiété et la dépression liée à la BPCO (A) et augmente la qualité de vie liée à la santé (A). Elle diminue le nombre de jours d'hospitalisations (A) et diminue les coûts de la santé (C). Le réentraînement des membres inférieurs est un volet indispensable de ces programmes (A). Les résultats s'étendent bien au delà de la période immédiate du programme (B) [3, 11, 16].

Ces preuves sont issues de l'analyse des meilleures données actuelles de la recherche (ANNEXE III). Ce sont, entre autre, les évaluations (tests, questionnaires...) réalisées au cours de la RR qui permettent de quantifier et d'objectiver les résultats de celle-ci. Il est, de ce fait, nécessaire de commencer par la formalisation et la standardisation des tests utilisés afin de permettre le développement d'études basées sur ces derniers.

3.3.Le stepper test de 6 minutes

3.3.1. Définition et utilisation en pneumologie

Le ST6 est un test récent d'évaluation, sous maximal et reproductible, pour les patients porteurs de BPCO. Ce test de terrain est utilisé pour noter une éventuelle amélioration des différents paramètres mesurés et leur adaptation à l'effort au début et à l'issue d'un stage de RR. Il n'apparaît pas à ce jour dans les recommandations pour la prise en charge des patients BPCO ; le test de marche (TDM6) étant le moyen d'évaluation le plus employé [21]. Le ST6

est simple d'utilisation, non onéreux et sans contrainte spatiale. Il reproduit l'effort physique de la montée de marches d'escalier. Il consiste à réaliser le plus grand nombre de marches possible sur l'appareil en un laps de temps donné : 6 minutes. Le stepper est un appareil équipé de deux pédales articulées (fig. 2). Le mouvement est synchronisé par un levier central. Un capteur est utilisé pour déterminer le nombre de marches réalisé par le patient.

3.3.2. Histoire

Peu d'études ont évalué le ST6. En 1997, Ninan M. et al. utilisent pour la première fois le stepper comme modalité d'évaluation afin de prédire la morbi-mortalité chez les patients ayant subi une chirurgie thoracique de type pneumonectomie [22]. Il est également proposé à des patients atteints de fibrose pulmonaire idiopathique [23]. En 2010, Borel B. et al. montrent que c'est un nouvel outil d'évaluation de la tolérance à l'effort pour les patients atteints de BPCO qui est reproductible et sensible [6]. Dernièrement, une équipe de Rouen fait une communication en congrès (Alvéole, Lyon 2012) sur la reproductibilité du ST6 chez des patients ayant une BPCO, qui suggère que le test peut être réalisé en pratique quotidienne pour évaluer la tolérance à l'effort avant et après un stage de RR [46]. Le Rouzic O. et al. font, dans le même temps, une étude qui démontre que les résultats du ST6 sont corrélés au TDM6 et à la charge développée à l'EFX [47]. Ce test est également utilisé pour évaluer l'intolérance à l'effort chez les patients atteints de pneumopathies interstitielles [24]. Actuellement, d'autres études sont menées sur les modalités du stepper test dans la prise en charge de la BPCO [48].

Ces études montrent que c'est un test sécurisé, nécessitant du matériel peu coûteux et facile à mettre en œuvre dans tous types de structures. Il est aujourd'hui encore peu formalisé et le manque de standardisation n'en fait pas un test d'utilisation très répandu, bien que de plus en plus de monde s'y intéresse.

3.3.3. Techniques apparentées existantes

Les moyens d'évaluer la capacité physique et la tolérance à l'effort dans la BPCO sont nombreux. Parmi les tests de terrain, il existe :

- le test de marche de 6 minutes (TDM6) (le plus répandu) [25, 26, 27],
- l'incremental shuttle walk test (ISWT) (test à intensité maximale) [28],
- l'endurance shuttle walk test (ESWT) (basé sur les résultats de l'ISWT) [29],
- le test d'endurance sur ergocycle (basé sur les résultats de l'EFX) [30],
- le test d'escalier [31],
- le step test (réalisé sur un rythme libre ou imposé) [32, 33, 34, 49].

Tous ces moyens d'évaluation permettent l'utilisation d'un langage commun pour préciser le statut fonctionnel et pathologique du patient, assurer sa sécurité, individualiser un programme de réhabilitation et évaluer les effets d'une thérapeutique. Nous avons choisi de nous pencher sur l'un des nombreux tests permettant d'évaluer la tolérance à l'effort : le test de stepper, récemment mis au point pour les patients atteints de BPCO. Tous n'étant pas de durée égale, nous nous demandons si un test de stepper peut être réalisé de façon valide (capacité du test à mesurer ce que nous souhaitons) en 3 minutes.

4. MATÉRIEL ET MÉTHODE

4.1. Population

Notre étude porte sur un échantillon de 25 patients souffrants de BPCO tous stades confondus (stade I à IV de GOLD), en état stable sur le plan respiratoire (non en cours d'exacerbation), se présentant de manière ambulatoire pour des EFR. Elle est réalisée sur une période de deux mois : septembre et octobre 2012, dans les services de pneumologie des hôpitaux de Remiremont et Epinal.

4.1.1. Critères d'inclusion

L'inclusion dans le programme implique un diagnostic posé de BPCO. Les critères de sélection sont : - des résultats d'EFR montrant un rapport VEMS/CV<70%,

- la capacité à réaliser un stepper test de 6 minutes,
- la motivation et l'accord des patients.

Leur consentement éclairé est obtenu avant la réalisation des tests. Les personnes sélectionnées ont bénéficié d'un ECG de contrôle et ont toutes fait un test de marche de six minutes au moins une fois. Nous incluons les patients avec ou sans insuffisance respiratoire chronique, définie par les paramètres de l'hématose ; avec ou sans emphysème ; avec ou sans antécédents d'exacerbations et avec ou sans oxygénothérapie de longue durée.

4.1.2. Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion sont :

- la non compréhension des consignes de réalisation des tests,
- un poids supérieur à 100 kg (l'appareil étant réservé à un poids inférieur),
- toutes contre-indications cardiovasculaires à l'exercice (angor instable ; infarctus récent ; rétrécissement aortique serré ; insuffisance cardiaque instable ; anévrysme ventriculaire ; péricardite, myocardite ou endocardite ; thrombus intraventriculaire ; troubles du rythme non contrôlés ; maladie thromboembolique évolutive) [5],
- l'existence de contre-indications relatives (tachycardie de repos, HTA incontrôlée, instabilité de l'état respiratoire (acidose respiratoire non compensée)),
- la présence d'une affection intercurrente rendant difficile la pratique de l'exercice (maladie neuromusculaire ou ostéo-articulaire, maladie psychiatrique lourde).

4.2. Matériel expérimental

Le matériel nécessaire à la réalisation de cette étude, identique pour chacun des patients et chacun des tests, est composé de :

- Un dé à jouer pour déterminer l'ordre dans lequel le patient réalise les tests.
- Un chronomètre afin de surveiller et d'indiquer le temps restant.
- Un stepper Décathlon création© Domyos (fig. 2) : la résistance des pistons (15 kg) et la hauteur des pédales restent les mêmes tout au long de notre étude.

Figure 2 : Stepper

Figure 3 : Oxymètre de pouls avec capteur oreille

- Un oxymètre de pouls Ohmeda TuffSat® (fig. 3) avec capteur oreille nous renseignant sur la saturation pulsée en oxygène dans le sang artériel (SpO_2) et les pulsations cardiaques (FC).
- Une échelle de Borg modifiée 0-10 (fig. 4) afin d'évaluer la dyspnée.

Echelle de BORG
(essoufflement)
0 Rien du tout
0,3
0,5 Extrêmement faible
1 Très faible
1,5
2
3 Modéré
4
5 Fort
6
7 Très fort
8
9
10 Extrêmement fort

Figure 4 : Échelle de Borg modifiée (adaptée de Borg CR 0-10 Scale® [35])

- Une échelle visuelle analogique (EVA) pour quantifier la douleur des membres inférieurs (MI) avant et après les tests.
- Un stéthoscope et un brassard pour la prise de tension artérielle (TA), qui est systématiquement réalisée au bras droit.

- Une chaise, en cas de problème.
- Un logiciel de statistique : R-commander + Statistica.

4.3. Méthode d'évaluation

Notre étude consiste à réaliser 2 tests sur stepper de durées différentes : 3 minutes et 6 minutes. Les paramètres mesurés ainsi que les données informatives concernant le patient sont récapitulés dans le tableau de résultats (ANNEXE IV), notamment : le stade de la BPCO, la SpO_2, la dyspnée, la FC, la TA, la douleur des MI ainsi que le nombre de marches exécuté (une marche correspondant à un cycle entier réalisé par le sujet, défini par un retour à la position initiale). L'évaluation est réalisée par un opérateur commun pour tous les patients afin de favoriser la reproductibilité. Il donne les instructions nécessaires ainsi que le top départ et surveille le temps écoulé afin d'en informer le patient toutes les minutes.

4.3.1. Pré requis

Une préparation du stepper est réalisée avant la prise de mesures, durant 6 minutes, par une personne extérieure, afin de réduire l'incidence de l'effet hydraulique des vérins de l'appareil sur la performance. Quand ces derniers sont chauds, ils sont plus souples, d'où l'importance de toujours réaliser le test dans les mêmes conditions [46].

L'ordre de réalisation des mesures est tiré au sort à l'aide d'un dé à 6 faces : un chiffre impair indique que le stepper test de 3 minutes est réalisé dans un premier temps tandis qu'un chiffre pair conduit à la réalisation du stepper test de 6 minutes en premier.

Si le patient bénéficie d'une oxygénothérapie au long cours ou a besoin d'une supplémentation en oxygène à l'effort, les tests sont réalisés sous O_2, le débit étant défini par la prescription médicale. Il est identique au cours des deux évaluations. Une fréquence cardiaque maximale à ne pas dépasser lors de l'exercice est déterminée pour chaque sujet. Si le patient l'atteint, il lui est demandé de ralentir afin de diminuer cette dernière. Pour cela, nous nous basons sur les données de l'EFX lorsque les résultats de celle-ci nous sont

communiqués. Dans le cas contraire, nous l'estimons de manière arbitraire à 85% de la FC maximale théorique calculée selon la formule d'Astrand P.O. : 220-âge. [36, 37]

4.3.2. Consignes – Installation

Les consignes données au patient sont standardisées : il lui est demandé de faire le plus grand nombre de marches possible pendant 3 minutes puis 6 minutes (ou l'inverse selon le tirage au sort). Le patient est face à un mur, à distance adaptée à son confort (fig. 5) et a la possibilité de se soutenir contre ce dernier à hauteur d'épaules en cas de déséquilibre. Il doit garder le buste droit, ne pas se pencher vers le mur.

Les tests sont réalisés dans une pièce isolée afin d'éviter tout stimulus sonore pouvant affecter ses performances. Il lui est demandé de ne pas parler durant l'exercice. L'indice d'écoulement du temps est renseigné au patient toutes les minutes. Ce dernier a la possibilité de ralentir ou s'arrêter le temps nécessaire si besoin en ayant pour objectif de reprendre dès que possible. Aucune forme d'encouragement n'est donnée pendant les tests.

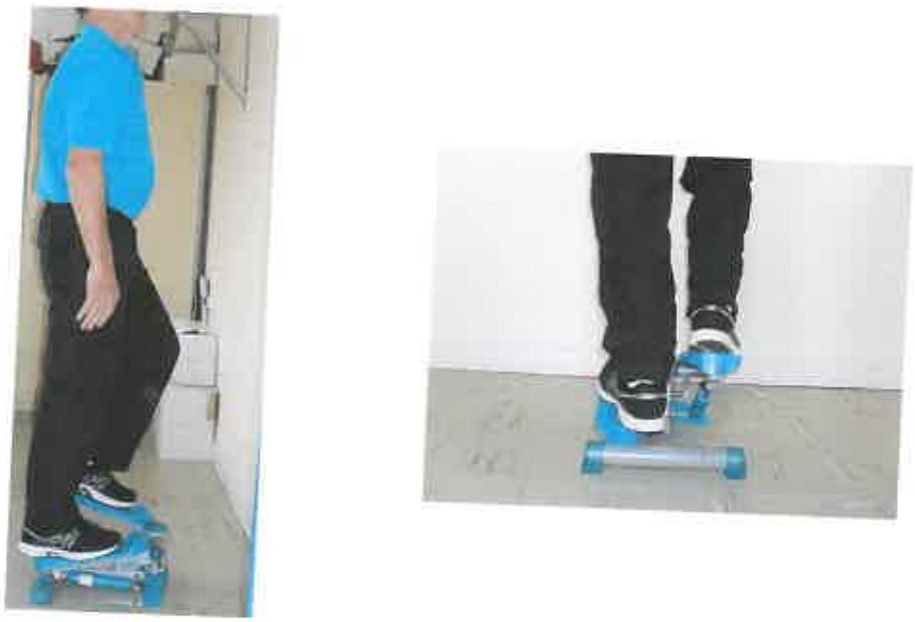


Figure 5 : Position adoptée par les patients durant les tests

4.3.3. Déroulement des tests

Nous respectons un temps de repos de 2 minutes avant le début de l'expérimentation, celui-ci permettant la prise de mesures des différents paramètres de départ. Le patient pratique ensuite 30 secondes sur le stepper pour s'adapter à l'appareil. A la suite de quoi, nous respectons 1 minute de pause avant de réaliser le premier test.

Chaque test est suivi de 3 minutes de récupération passive où les différentes variables sont notées. Entre les deux tests, 7 minutes sont respectées afin de permettre un retour aux paramètres de repos du patient. (fig. 6)

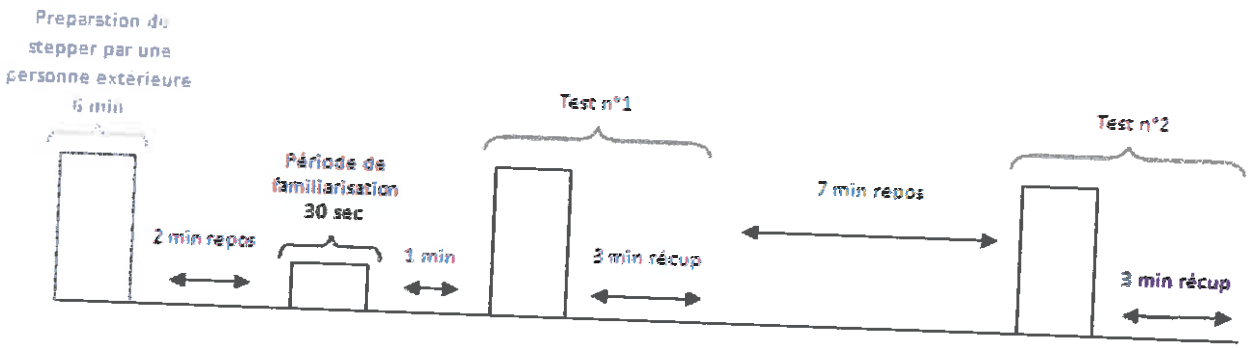


Figure 6 : Déroulement des tests lors de l'étude

La SpO_2, la FC ainsi que le nombre de marches sont relevés toutes les minutes du test ainsi que pendant la récupération. L'auto-évaluation de la dyspnée (selon l'échelle de Borg) et de la douleur des MI (selon l'EVA) par le patient sont notées au départ du test, à 3 minutes, à 6 minutes (si ST6) et après 3 minutes de récupération. Il en est de même pour la TA. Cette variable est utilisée à titre purement indicatif dans notre étude, pour surveillance.

4.3.4. Méthode statistique

Pour réaliser l'étude statistique, nous construisons une base de données dans laquelle sont consignées les valeurs utiles à l'expérimentation. L'étude statistique est réalisée à l'aide des logiciels «R-commander» et «Statistica». Nos résultats sont exprimés en moyenne ± écart type pour les variables quantitatives et en nombre (%) pour les variables qualitatives.

Pour chaque paramètre, nous testons la normalité avec le test de Shapiro-Wilk. Notre distribution suit une loi normale : nous utilisons des tests paramétriques. L'analyse statistique des moyennes est réalisée avec le test t de Student. Les différences sont considérées comme statistiquement significatives pour un $p \leq$ à 0,05. L'analyse de variances (ANOVA) à mesures répétées est utilisée pour comparer notre échantillon lors des deux tests : test de 6 minutes et test de 3 minutes. Les comparaisons post hoc sont faites avec le test HSD de Tukey. Nous comparons chaque sujet à lui-même. Pour l'étude de corrélation entre deux variables, nous utilisons le test de corrélation de Pearson.

5. RÉSULTATS

5.1. Description de la population

Notre étude comporte 25 patients atteints de BPCO, dont 19 hommes et 6 femmes, âgés de 51 à 88 ans (âge (ans) : 70,2±9,6). Tous sont classifiés GOLD stades I à IV (VEMS (% théorique) : 54,9±20,8) repartis de la façon suivante : stade I (12%), stade II (48%), stade III (28%), stade IV (12%) (fig. 7). 80% des patients sont des anciens fumeurs et 12% sont des fumeurs actifs au moment de l'étude. Les principales données sont résumées dans le tableau II.

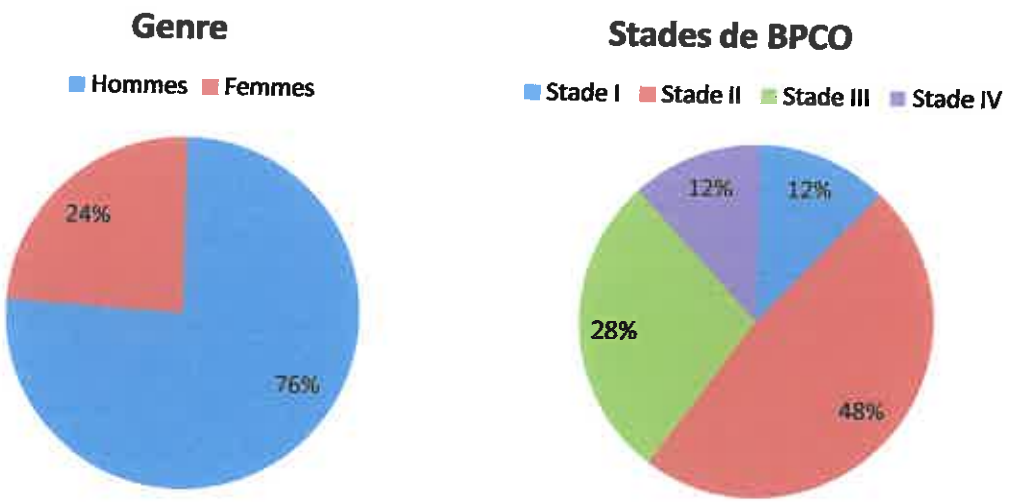


Figure 7 : Répartition des patients de l'étude par genre et par stade de BPCO

Tableau II : Caractéristiques de la population ayant participé à l'étude

Caractéristiques de la population (n=25)	Moyenne ± écart-type ; nombre (%)
Age (années)	70,2 ± 9,6
Hommes	19 (76%)
Femmes	6 (24%)
IMC (kg/m²)	24,4 ± 5,4
Patients sous oxygène	14 (56%)
Patients sans oxygène	11 (44%)
Ex-fumeurs	20 (80%)
Fumeurs	3 (12%)
Non-fumeurs	2 (8%)

5.2. Présentation des résultats

Les résultats obtenus sont présentés en ANNEXE V.

5.3. Analyse des résultats

5.3.1. La dyspnée

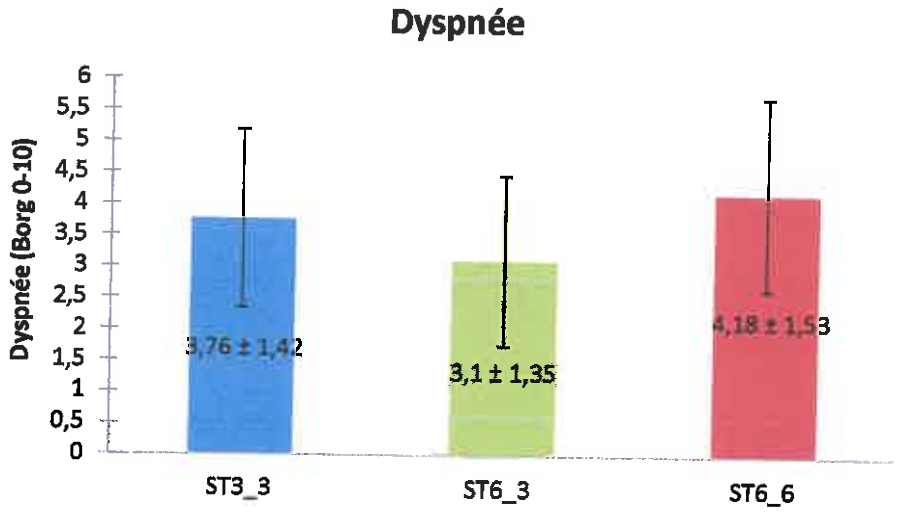


Figure 8 : Dyspnée au cours des tests de stepper de 3 et 6 minutes, selon l'échelle de Borg modifiée 0-10

Selon le test HSD de Tukey, la valeur de la dyspnée à la fin du ST3 (ST3_3) est significativement différente ($p<0,05$) de celle à 3 minutes du ST6 (ST6_3) ($p=0,0104$). La dyspnée moyenne est plus élevée à la fin du ST3 (3,76/10 sur l'échelle de Borg) qu'à 3 minutes du ST6 (3,1/10). Entre la moyenne des valeurs d'autoévaluation de la dyspnée à la fin du test de 3 minutes et celle à la fin du test de 6 minutes (ST6_6), la différence est moindre et non significative ($p=0,1392$). (fig. 8)

5.3.2. La fréquence cardiaque

La moyenne des FC à la fin du ST3 et celle à la fin du ST6 sont proches. Selon le test de Student, il n'existe pas de différence significative ($p>0,05$) entre ces valeurs ($p=0,1121$). L'ANOVA à mesures répétées nous montre qu'à partir de trois minutes du ST6, les valeurs de fréquence cardiaque ne sont plus significativement différentes d'une minute à l'autre ($p>0,05$). Nous remarquons sur le graphique (fig. 9) qu'à 3 minutes nous sommes arrivés à un plateau de FC. Au cours du ST3, la FC après 1 minute est différente de celle à 2 et 3 minutes mais il n'existe pas de différence entre les valeurs des 2èmes et 3èmes minutes.

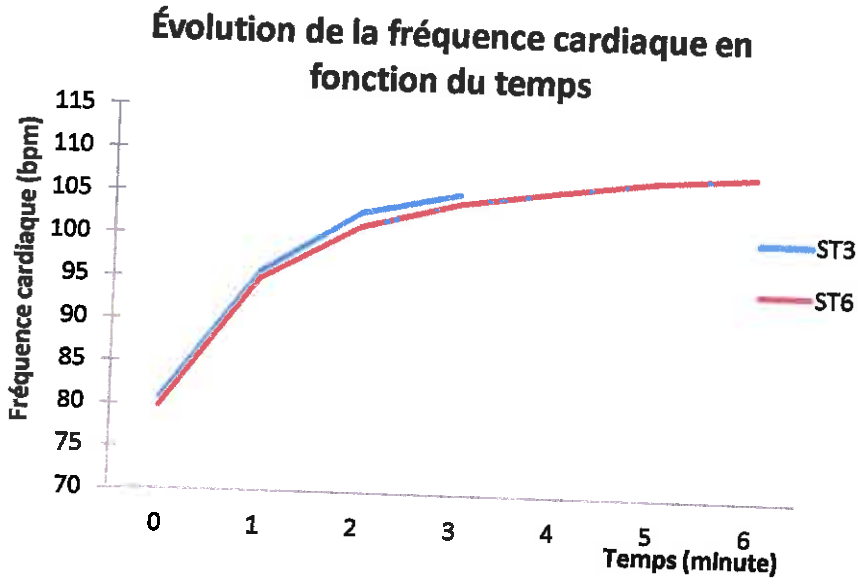


Figure 9 : Évolution de la fréquence cardiaque (en battements par minute) en fonction du temps (en minute) lors des deux tests (ST3 et ST6)

Après une minute de récupération passive, le t-test apparié nous montre que la différence est significative ($p < 0,05$) entre les valeurs du ST3 et celles du ST6 ($p=0,0192$) (fig. 10). Il en est de même pour les deux minutes qui suivent.

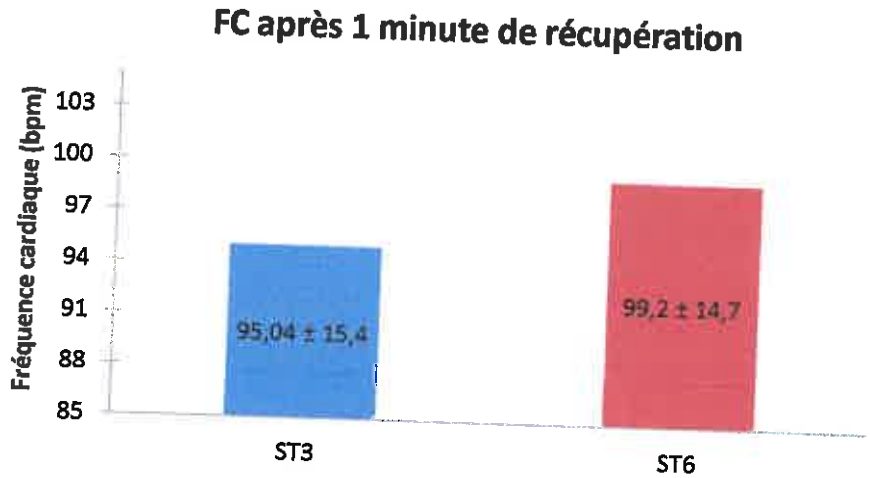


Figure 10 : Fréquence cardiaque moyenne (en battements par minute) de notre population après une minute de récupération sur chacun des tests réalisés

5.3.3. La saturation pulsée en oxygène

Le test t de Student ne montre pas d'effet significatif ($p>0,05$) de la différence de durée sur la SpO_2 ($p=0,3792$).

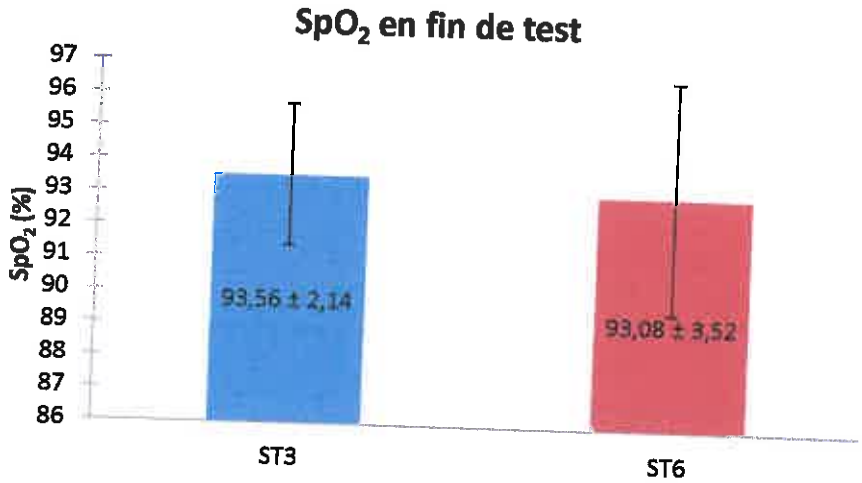


Figure 11 : SpO_2 moyenne (en %) et écart type de la population en fin de test

La diminution de la saturation en oxygène a lieu durant les 2 premières minutes d'exercice (fig. 12). A partir de 2 minutes du ST6, il n'y a plus de différence significative de SpO_2 avec les valeurs des minutes suivantes. Il en est de même pour le ST3 qui ne montre pas de différence significative entre la 2ème et la 3ème minute (p=0,1423).

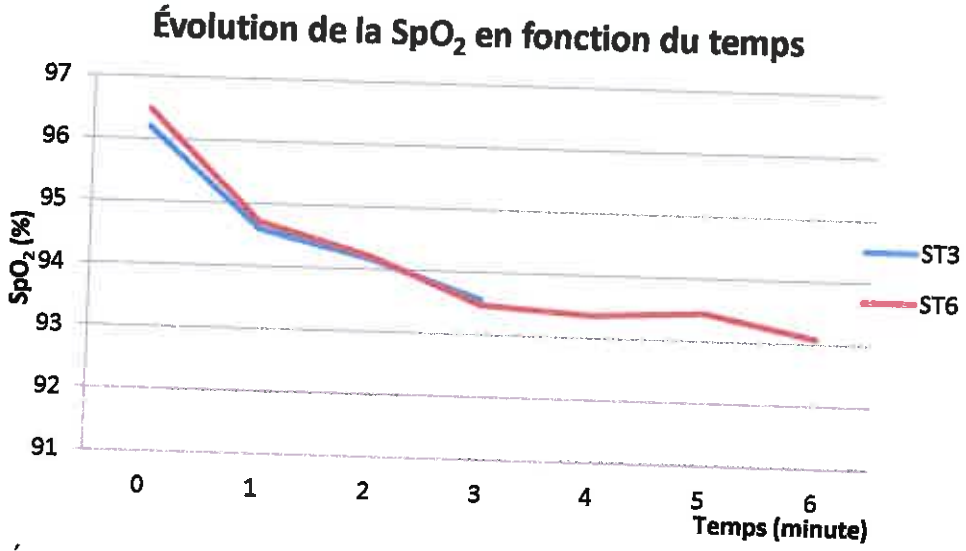


Figure 12 : Évolution de la SpO_2 (en %) en fonction du temps (en minute) lors des tests de 3 et 6 minutes sur stepper

La récupération se fait de la même manière pour les 2 tests. Après 2 minutes de récupération passive, la SpO_2 est stabilisée.

5.3.4. Le nombre de marches

Le test de Student ne fait pas ressortir de différence significative (p>0,05) entre le nombre de coups total comptabilisé durant l'exercice de 3 minutes est celui réalisé en 3 minutes au stepper test de 6 minutes (p=0,5012).

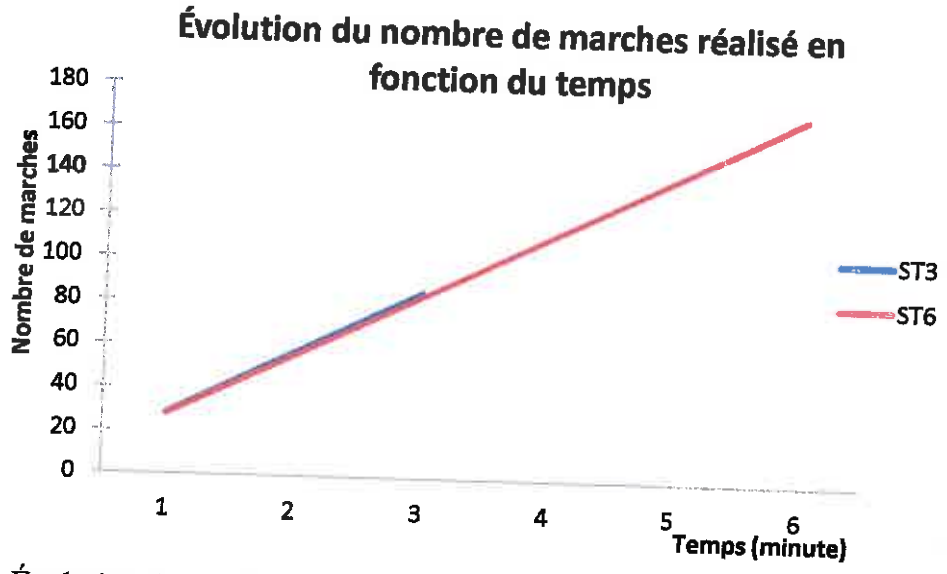


Figure 13 : Évolution du nombre de marches réalisé en fonction du temps (en minute) lors des deux tests sur stepper

Lors de l'analyse de variances, nous ne retrouvons pas d'effet principal en ce qui concerne le nombre moyen de marches réalisé selon les minutes, que ce soit sur le test de 3 minutes ou celui de 6 minutes (ST6 : p=0,7640 ; ST3 : p=0,9298). Le test t de Student ne révèle pas non plus de différence entre le nombre moyen de marches réalisé à la 3ème minute du ST3 et le nombre moyen à la 6ème minute du ST6 (p=0,583).

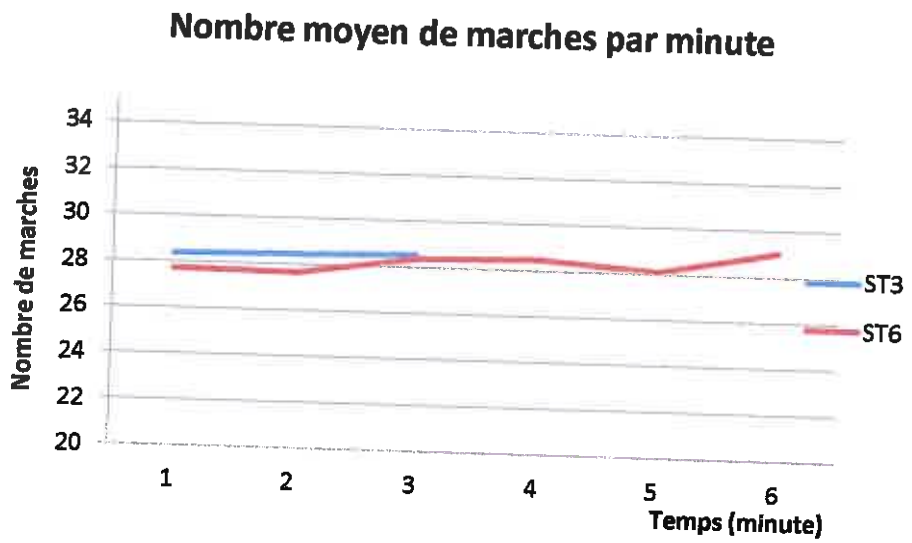


Figure 14 : Nombre moyen de marches réalisé par minute pour chacun des tests

Nous étudions la corrélation entre les performances des patients au cours de la dernière minute du ST3 et celle du ST6 (fig. 15). Après analyse des données par le test du coefficient de corrélation de Pearson, nous obtenons un coefficient r = 0,8682. Celui-ci étant proche de 1, la relation est forte et positive. L'intervalle de confiance de r est entre 0,7201 et 0,9406, la valeur 0 ne fait pas partie de cet intervalle ce qui signifie que la relation significative constatée dans notre échantillon se retrouverait au sein de la population

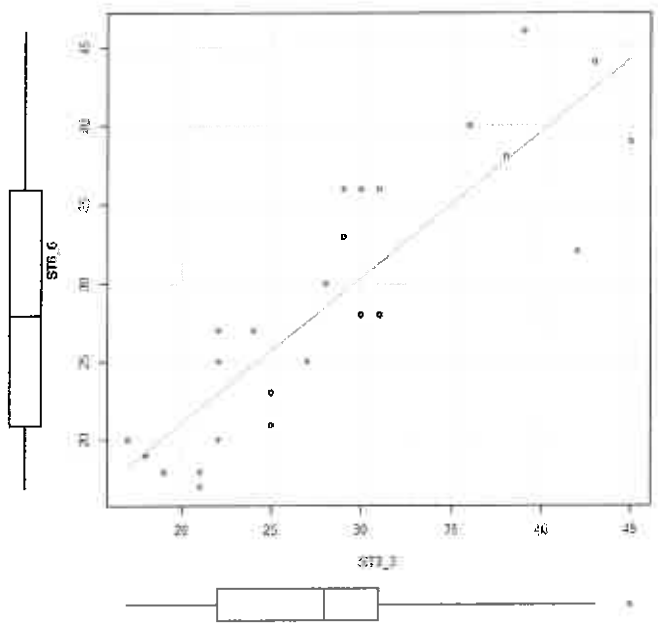


Figure 15 : Représentation de la corrélation entre le nombre de marches à la fin du test de 3 minutes et celui à la fin du test de 6 minutes.

5.3.5. La douleur des membres inférieurs

La douleur moyenne des membres inférieurs n'est pas significativement plus élevée sur le test de 6 minutes comparé à celui de 3 minutes (p=0,1334). Il n'y a pas d'effet principal à l'ANOVA (p=0,1190), ce qui confirme l'absence de différence. La douleur est en moyenne de 3,5/10 selon l'EVA pour le ST3 et est de 4,1/10 lors du ST6. (fig. 16)

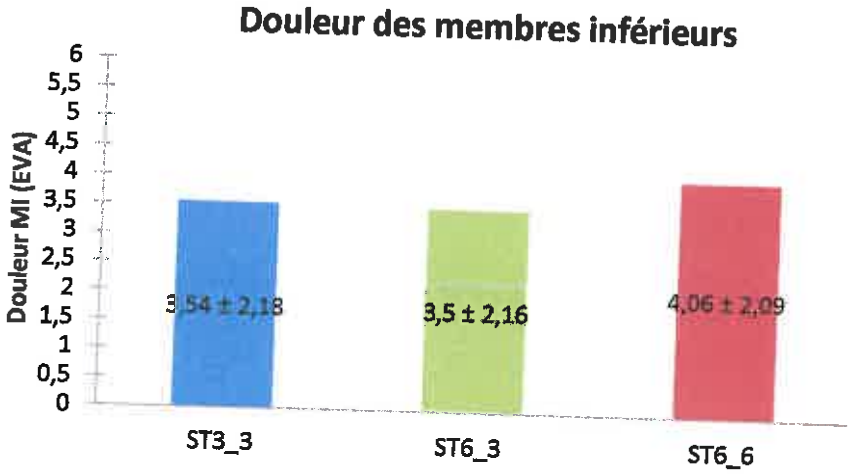


Figure 16 : Douleur ressentie par le patient (EVA) au niveau des membres inférieurs à la fin des tests et à la moitié du test de 6 minutes

5.3.6. En résumé

La dyspnée moyenne est plus élevée à la fin du ST3 qu'à 3 minutes du ST6. Or, la différence n'est pas significative entre les valeurs d'autoévaluation de la dyspnée à la fin du test de 3 minutes et à la fin de celui de 6 minutes. Après 3 minutes d'effort, une fréquence cardiaque plateau est atteinte. Au cours de la récupération, la FC retrouve une valeur de repos plus rapidement sur le test de 3 minutes que lors de celui de 6 minutes. La SpO_2 atteint un plateau dès 2 minutes d'effort et la récupération s'effectue de la même manière lors des deux tests. Le nombre de marches réalisé évolue également de la même façon au cours des deux évaluations. Enfin, la douleur des membres inférieurs n'est pas significativement différente entre les deux tests.

6. DISCUSSION

6.1.Exploitation des résultats

L'objectif de ce travail est d'évaluer la faisabilité et l'efficacité d'un test de stepper de 3 minutes. Notre étude regroupe principalement des patients BPCO de stade II de GOLD (48%). Au niveau national, la fréquence selon le stade de la pathologie est repartie comme

suit : stade I : 50 à 55% des cas, stade II : 35 à 40% des cas, stades III et IV : 10 à 15% des cas [38]. Nous considérons notre panel de patients comme acceptable compte tenu de la difficulté rencontrée à trouver un nombre suffisamment important de sujets volontaires et disponibles. Notre population est composée à 76% d'hommes, et 92% des patients présentent ou ont présenté une exposition tabagique. Ce qui est relativement représentatif de la population générale : les hommes sont plus atteints que les femmes avec un sexe ratio de 0,6 et dans plus de 80% des cas, le tabac est le principal responsable de cette pathologie [39, 40].

Nos résultats statistiques ne mettent pas en évidence de différence significative entre les valeurs de fin de test selon la durée (3 ou 6 minutes) sur le plan dyspnéique, de la douleur des MI, de la saturation, de la fréquence cardiaque et du nombre moyen de marches par minute. En fin de test, les résultats sont similaires. Il existe le même impact cardio-respiratoire que le test se déroule en 3 ou 6 minutes.

L'évaluation de la dyspnée est significativement plus basse à 3 minutes du ST6 (3,1/10) qu'à 3 minutes du ST3 (3,76/10). La sous estimation de cette valeur, définie par le patient lui-même, peut s'expliquer du fait du souvenir de la valeur chiffrée. Le patient sait que ses deux tests sont comparés, d'où une probable sous évaluation de la dyspnée à la moitié du test le plus long afin de garder une marge de progression. Néanmoins, la différence minimale d'intensité clinique (DMIC) sur l'échelle de Borg correspond à un changement de 1 point [41].

La récupération au niveau de la fréquence cardiaque est plus rapide lors du repos après le test de 3 minutes que lors de celui suivant l'épreuve de 6 minutes. Nous observons un retour à la normale de façon plus précoce après le ST3, ce qui est préférable sur le plan hémodynamique et plus confortable pour les patients.

Nous ne notons pas de différence en ce qui concerne la SpO_2. Il n'existe pas de variance de la saturation plus importante à la récupération après un effort plus bref. Suite à l'analyse des résultats statistiques et des tracés, au cours des tests, nous observons un plateau de SpO_2 à partir de 2 minutes d'exercice, que celui-ci se déroule sur 3 ou 6 minutes. Cette même observation se retrouve dans d'autres études sur le stepper test [24].

Lors de notre étude, nous mettons en évidence le fait que la fréquence cardiaque plateau est atteinte après 3 minutes d'effort. Nous pouvons faire un parallèle avec les études qui ont montré des résultats semblables au cours du TDM6 ou du ST6 [6, 42].

Les différents résultats montrent qu'un test plus court, le ST3 ; est tout à fait envisageable et semble tout aussi valable que le ST6.

6.2. Considérations sur la méthodologie

Cette étude présente quelques limites. Tout d'abord, bien que chaque sujet soit comparé à lui-même, le faible effectif de notre population ne permet pas de généraliser nos résultats qui devraient être confirmés sur des effectifs plus grands.

Lors de la réalisation de notre étude, nous expliquons aux participants qu'ils effectueront successivement 3 et 6 minutes de test. Il se peut alors que ceci influence les résultats du fait que le patient sait qu'il va devoir faire deux tests. Nous pouvons penser qu'il se préserve pour la deuxième épreuve. C'est pourquoi les mesures sont réalisées dans un ordre aléatoire, ce qui diminue le risque d'obtenir des résultats biaisés.

Bien qu'une période de familiarisation avec le matériel semble nécessaire avant la réalisation du test [6], les patients ne pratiquent que 30 secondes de stepper avant le début de l'expérimentation. Cette période est instaurée afin de leur permettre de s'adapter à l'appareil. Il serait souhaitable que les patients puissent réaliser un test complet en amont de l'étude puisque cet exercice n'est pas habituel pour tout le monde. Aussi, il serait intéressant de laisser un temps de pause plus important entre les deux tests. L'idéal serait de permettre leur réalisation à deux moments distincts de la journée, afin d'obtenir une meilleure récupération avant de commencer le second test. Cela est envisagé lors de la rédaction du protocole mais ne peut être mis en place pour des raisons d'emploi du temps et de manque de disponibilité des patients.

Une communication sur le stepper test qui retient notre attention sur le fait que les vérins hydrauliques de ce type d'appareil sont plus souples lorsqu'ils sont chauds [46], nous

conduit à la préparation du stepper durant 6 minutes avant la mise en place du protocole. Nous pouvons justifier le choix arbitraire de cette durée en considérant le fait que l'ordre de réalisation est déterminé au hasard. Nous définissons alors une durée correspondant au temps du test le plus long. Ayant testé par nous même l'appareil durant plusieurs minutes, nous estimons ressentir une souplesse plus importante des vérins à partir de 4 minutes d'utilisation. Nous ne pouvons pas, pour des raisons pratiques, nous permettre d'allonger cette période. Cette précaution est discutable quant à sa suffisance pour éliminer le biais apporté par la souplesse des vérins, mais nous semble acceptable pour le limiter.

Nous évaluons la douleur des membres inférieurs à l'aide d'une EVA. Cette dernière est utilisée par simplicité par rapport aux patients pour qu'ils ne mélangent pas cette valeur avec celle de l'essoufflement et afin de limiter les biais car nous estimons que le souvenir visuel est moindre par rapport à un chiffre donné. Un biais lié au fait que les patients ne perçoivent pas forcément la différence entre douleur et fatigue peut être mis en avant. Lors de discussions avec les participants, il s'avère que certains parlent davantage de fatigue que de réelle douleur. Il aurait été intéressant d'évaluer la fatigue musculaire des MI à l'aide de l'échelle de Borg puisque les patients BPCO présentent une fatigabilité augmentée due à une diminution de leur masse musculaire de par le changement phénotypique des fibres musculaires et la diminution de la capacité oxydative [41]. Nous faisons toutefois le choix d'évaluer la douleur avec une EVA afin de limiter au plus la confusion avec la cotation de la dyspnée. En ce qui concerne l'appréciation de l'essoufflement sur l'échelle de Borg, le souvenir de la valeur donnée peut influencer le choix du patient pour les valeurs suivantes. Cela semble pouvoir expliquer le fait qu'il existe une sous estimation de l'évaluation de la dyspnée à 3 minutes du ST6 par rapport au ST3. Nous choisissons cette échelle car c'est celle recommandée par l'ATS pour le TDM6 [27] et utilisée par le service de pneumologie de l'hôpital, connue par la plupart des patients qui, pour beaucoup, ont déjà réalisé un stage de réhabilitation respiratoire dans ces locaux. Nous évaluons ces deux paramètres tout en sachant qu'ils sont subjectifs. La prise en compte de cette subjectivité (expérience personnelle) fait partie intégrante de la RR et présente un intérêt pour la santé des patients BPCO.

Nous choisissons de ne pas formuler d'encouragements aux patients durant le test. Nous pourrions envisager, en plus du renseignement temporel standardisé, l'utilisation de phrases incitatives comme recommandé pour le TDM6 [27].

Pour la prise de la SpO_2 et de la FC, nous choisissons d'utiliser un oxymètre de pouls avec capteur oreille afin de limiter les biais pouvant survenir lorsque le capteur est placé au doigt. En effet, certains paramètres peuvent fausser la mesure tels que le mauvais positionnement du capteur dû aux mouvements de balancement des membres supérieurs, la présence de vernis sur les ongles, ou des troubles circulatoires périphériques (ex : maladie de Raynaud, doigts froids).

Nous nous posons la question de définir une position précise pour la récupération entre les deux tests : assis ou debout. N'ayant pas défini à l'avance de consigne à ce sujet, nous ne rencontrons pas de problème, puisque tous les patients restent debout spontanément lors de la récupération. Une chaise est à disposition en cas de problème.

6.3.Difficultés rencontrées

Les difficultés rencontrées lors de cette étude sont principalement liées à la recherche d'un panel assez important. Celle-ci étant réalisée en centre hospitalier, le temps pouvant être accordé à chaque patient est limité, d'autant plus que les personnes sont sollicitées à la suite d'une consultation. Le moment de la journée diffère d'un patient à l'autre. Le biais étant limité du fait que chaque patient est comparé à lui-même. Lors de notre étude, plusieurs patients ne parviennent pas à réaliser le protocole en entier. Nous les excluons des résultats statistiques.

L'absence de recommandations et le manque de littérature sur le stepper test ne nous permet pas d'avoir un protocole préétabli. Nous mettons en place ce dernier selon les différentes informations des études que nous avons regroupé. Nous nous basons sensiblement sur le protocole de l'étude de l'équipe Lilloise [6] ; les instructions données aux patients pour la pratique de ce test sont adaptées des recommandations de l'ATS pour le test de marche de 6 minutes [27], afin d'éviter au maximum la variabilité des résultats.

Une autre problématique est soulevée quant au fait que le stepper est conçu pour un poids maximal de 100 kg. Nous nous voyons exclure une personne de notre panel de patients pour cette raison. Dans le cas où le poids de l'individu est supérieur à cette limite, il n'est pas prudent d'utiliser cet appareil, nous nous référerons donc à d'autres tests d'évaluation, que nous évoquons auparavant dans notre travail.

6.4.Comparaison à d'autres techniques

Par rapport aux autres tests de terrain, le stepper test a pour avantage de ne pas nécessiter un grand espace. Comparativement au TDM6 qui requiert un couloir de 30 mètres, le stepper test ne nécessite qu'un espace réduit, ce qui facilite son utilisation dans les prises en charge à domicile ou au cabinet [43]. Ne demandant que peu de matériel, il est facilement mis en œuvre, à l'inverse d'un test sur ergocycle par exemple, qui demande plus d'espace et de moyens. Le test de stepper est sous maximal et indépendant, contrairement à l'ESWT qui dépend de la vitesse de marche et de la performance à l'ISWT. Il est nécessaire de faire ce dernier, qui est lui-même un test maximal, avant de pouvoir étudier l'ESWT. En ce qui concerne les tests utilisant une marche d'escalier ou un step, ces appareils utilisés présentent plus de risque de trébuchement et de déséquilibre que le stepper, d'autant plus que nous nous intéressons à une population âgée avec une polypathologie fréquente [44]. Le mouvement réalisé sur stepper est identique à celui de la montée d'un escalier mais contrairement à de vraies marches, cet outil entraîne moins d'impact sur les articulations en évitant les chocs puisqu'à chaque nouvelle marche, les pieds restent appuyés sur l'appareil. Sur stepper, les mouvements des membres supérieurs sont faibles, alors que la marche en induit plus ; ce qui peut être intéressant en cas de pathologies intercurrentes des membres supérieurs.

6.5.Points forts et limites d'un test plus court

Bien que le ST6 soit indiqué également pour des stades plus avancés, il n'est validé que chez des patients atteints de BPCO d'intensité légère à modérée (stade I et II de GOLD) [6]. Certains sujets n'ayant pas réussi à réaliser les deux tests au cours de notre étude, un test plus court semble plus adapté.

Le mouvement demandé est répétitif donc le patient adopte un rythme relativement régulier : ce qui nous laisse penser que 3 minutes d'exercice suffisent. Cette même observation a été faite avec le step test [34].

Il n'est pas établi de norme cliniquement significative permettant de quantifier l'efficacité d'une réhabilitation respiratoire pour le ST6 [45, 48] mais l'amélioration de la performance à l'issue d'une RR est bien réelle et semble pouvoir s'expliquer par l'effet entraînement du stage [46]. L'ampleur d'amélioration après intervention pour le ST3 sera plus petite et peut être moins encourageante pour le patient.

Après l'exercice, nous demandons aux patients leur préférence entre les deux tests de stepper. Parmi les 25 individus inclus, 72% préfèrent le test de 3 minutes. Ils le considèrent comme plus motivant sachant que l'épreuve va être courte. Ils nous confient que le test de 6 minutes est plus dur pour les MI (fatigue) et pour l'essoufflement, qu'il demande plus de concentration et est plus lassant. Au contraire, 28% d'entre eux préfèrent le test de 6 minutes. Ils évoquent une certaine adaptation qui leur donne la sensation d'avoir le temps de trouver leur rythme, être plus constant, du fait que le test est plus long. Pour certains, le test est moins douloureux pour les membres inférieurs du fait de cette répétitivité. D'autres préfèrent ce test à celui de 3 minutes car ils pensent voir jusqu'où ils sont capables d'aller. Pour beaucoup, le stepper test de 6 minutes est plus difficile que le test de marche de 6 minutes. Comparativement aux différents tests de marche réalisés antérieurement, l'exercice sur stepper leur semble plus difficile. C'est pourquoi ils sont une majorité à préférer un test sur stepper plus court de 3 minutes. Dans 72% des cas néanmoins, la préférence est liée à l'ordre d'exécution des tests. Ils sont 18 à avoir déterminé comme test préféré celui par lequel ils ont commencé. 15 patients ont débuté par le ST3 dont 13 (87%) l'ont choisi comme test préféré et sur 10 ayant commencé par le ST6, 5 l'ont préféré (50%). C'est une des raisons avancée dans leur choix : plus motivé par le premier test.

Au vu des différentes observations réalisées, nous pouvons informer les praticiens que ce test de 3 minutes est représentatif de la condition du patient. Ainsi, pour permettre un gain de temps, nous pouvons leur conseiller de l'utiliser afin de connaître la tolérance à l'effort du patient BPCO.

7. CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent qu'un test de stepper de 3 minutes nous permet de visualiser les mêmes évolutions des variables mesurées que celui de 6 minutes. Étant plus court, il serait plus adapté à la réalisation de bilans chez les patients fatigables et fragiles que sont les BPCO. Du fait du nombre important d'évaluations réalisées en RR et dans une société régie par le temps, il permet un allégement des bilans pré et post réhabilitation et une amélioration de la compliance du patient. Cette étude met en évidence que le stepper test réalisé en 3 minutes est une alternative très intéressante à celui de 6 minutes qui semble être difficile comme test de terrain. Enfin, cette épreuve permet d'inclure des patients aux stades plus avancés (III-IV) de manière plus sûre, dans l'objectif de voir ceux-ci l'exécuter en entier.

Ce test est représentatif d'une activité quotidienne majeure des patients. La montée de marches permet de simuler la montée d'escaliers, activité au cours de laquelle les patients atteints de BPCO décrivent fréquemment avoir le plus de problèmes, et au travers de laquelle intervient le plus souvent cette mise en évidence de leur gène respiratoire (notamment pour les stades les moins avancés (I, II)). Intégrer cet exercice au réentraînement à l'effort permet de replacer la rééducation dans la réalité et offre un entraînement musculaire complémentaire de celui réalisé habituellement sur ergocycle.

Si nous avons répondu à notre problématique, à savoir vérifier la validité du test de stepper de 3 minutes, certaines hypothèses explicatives restent à confirmer et à approfondir.

Il serait intéressant d'évaluer la sensibilité (capacité du test à percevoir l'amélioration d'un patient au cours d'un programme de RR) et la reproductibilité (entre les deux tests d'un même sujet dans la journée) de ce test d'une durée amoindrie. Par ailleurs, l'établissement d'équations de référence (abaques) pourrait être intéressant dans une démarche de validation du test. Celui-ci demande d'autres études pour déterminer sa variation minimale significative cliniquement (DMIC) afin de quantifier l'efficacité d'une intervention thérapeutique telle qu'un programme de réhabilitation respiratoire.

BIBLIOGRAPHIE

1. **MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS.** - Programme d'actions en faveur de la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BCPO). 2005-2010. «Connaître, prévenir et mieux prendre en charge la BPCO». 15 novembre 2005. <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan_bpco.pdf> (page consultée le 06/10/2012)
2. **KNGF.** – Clinical Practice Guideline for physical therapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Dutch Journal of Physical Therapy, 2008, 118, 4, 60 p.
3. **SPLF.** - Recommandations de la Société de Pneumologie de Langue Française sur la réhabilitation du malade atteint de BPCO. Revue des Maladies Respiratoires, 2005, 22, p. 696-704
4. **ATS DOCUMENTS.** - American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement on Pulmonary Rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med, 2006, 173, p. 1390-1413
5. **SPLF.** - Recommandation pour la Pratique Clinique Prise en charge de la BPCO Mise à jour 2009. Revue des Maladies Respiratoires, 2010, 27, p. 522-548
6. **BOREL B., FABRE C., SAISON S., BART F., GROSBOIS J.-M.** - An original field evaluation test for chronic obstructive pulmonary disease population : the six-minute stepper test. Clinical Rehabilitation, 2010, 24, p. 82-93
7. **OMS.** - Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) Aide-mémoire N°315. [En ligne]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs315/fr/> (page consultée le 08/11/2012)
8. **OMS.** - The global burden of disease : 2004 update. 2008. <http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/> (page consultée le 01/04/2013)
9. **FUHRMAN C., DELMAS M.-C.** - Épidémiologie descriptive de la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) en France. Revue des Maladies Respiratoires, 2010, 27, p. 160-168
10. **MURRAY C.J.-L., LOPEZ A.D.** - Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020 : Global Burden of Disease Study. The Lancet, 1997, 349, p. 1498-1504

11. **GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE (GOLD).** - Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. Mis à jour en 2013. <www.goldcopd.org> (page consultée le 27/03/2013)
12. **HAS.** – Guide du parcours de soins Bronchopneumopathie chronique obstructive. Février 2012. <www.has-sante.fr> (page consultée le 07/01/2013)
13. **MINISTÈRE DU TRAVAIL ET DES AFFAIRES SOCIALES.** – Décret de compétence n° 2000-577 du 27 juin 2000 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de masseur-kinésithérapeute. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=B2E93591B3F72975638460C0ECE387E3.tpdjo15v_1?cidTexte=LEGITEXT000006072665&idArticle=LEGIARTI000006913995&dateTexte=20130415&categorieLien=cid#LEGIARTI000006913995> (page consultée le 10/11/2012)
14. **PIERRE B.** – Intérêt du dépistage de la BPCO par le masseur-kinésithérapeute. Kinésithérapie scientifique, 2013, 539, p. 51-53
15. **YOUNG A.** - Rehabilitation of Patients with Pulmonary Disease. Ann Acad Med Singapore, 1983, 12, 3, p. 410-416
16. **PRÉFAUT C., NINOT G.** - La réhabilitation du malade respiratoire chronique. 1ère édition. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2009. 502 p. ISBN 978-2-294-04807-4
17. **GOUILLY P., CABILLIC M.** - Un diagnostic médical de la BPCO : pour quel bilan diagnostique kinésithérapique? Kinésithérapie la Revue, 2011, 117, p. 20-23
18. **OMS.** - Community-based rehabilitation and the health care referral services. A guide for programme managers. 1994. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/60710/1/WHO_RHB_94.1.pdf> (page consultée le 09/11/2012)
19. **OMS.** – Adherence to long-term therapies – Evidence for action. 2003. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42682/1/9241545992.pdf> (page consultée le 14/03/2013)
20. **PREFAUT C., VARRAY A., VALLET G.** - Pathophysiological basis of exercise training in patients with chronic obstructive lung disease. European Respiratory Review, 1995, 5, 25, p. 27-32

21. **REYCHLER G.** - La tolérance à l'effort et la capacité physique : Quels moyens d'évaluation en pneumologie ? Kinésithérapie les Cahiers, 2003, 23-24, p.67-69.
22. **NINAN M., SOMMERS K.-E., LANDRENEAU R.-J. & al.** - Standardized Exercise Oximetry Predicts Postpneumonectomy Outcome. Ann Thorac Surg, 1997, 64, p. 328-333
23. **RAMMAERT B., LEROY S., CAVESTRI B., WALLAERT B., GROSBOIS J.-M.** – Réhabilitation respiratoire à domicile au cours de la fibrose pulmonaire idiopathique. Revue des Maladies Respiratoires, 2009, 26, p. 275-282
24. **DELOURME J., STERVINOU-WEMEAU L., SALLERON J. & al.** – Six-minute stepper test to assess effort intolerance in interstitial lung diseases. Sarcoidosis vasculitis and diffuse lung diseases, 2012, 29, p. 1-6
25. **McGAVIN C.R., GUPTA S.P., McHARDY G.J.R.** - Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. British Medical Journal, 1976, 1, p. 822-823
26. **BUTLAND R.J.A., PANG J., GROSS E.R., & al.** - Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. British Medical Journal, 1982, 284, p. 1607-1608
27. **ATS.** - ATS Statement : Guidelines for the Six-Minute Walk Test. Am J Respiratory and Critical Care Medicine, 2002, 166, p. 111-117
28. **SINGH S.-J. & al.** - Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. Thorax, 1992, 47, p. 1019-1024
29. **REVILL S.-M. & al.** - The endurance shuttle walk : a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. Thorax, 1999, 54, p. 213–222
30. **VAN'T HUL. & al.** - Constant-load Cycle Endurance Performance : test-retest reliability and validity in patients with COPD. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation, 2003, p.143-150
31. **VILLIOT-DANGER E.** - Un test d'escalier dans l'évaluation des patients atteints de BPCO. Revue des Maladies Respiratoires, 2009, 26, p. 530-536
32. **TANCREDI G. & al.** – 3-Min step test and treadmill exercise for evaluating exercise-induced asthma. Eur Respir J, 2004, 23, p. 569-574
33. **BALFOUR-LYNN I.M. & al.** – A step in the right direction : assessing exercise tolerance in cystic fibrosis. Pediatr Pulmonol, 1998, 25, 4, p. 278-284

34. **DAL CORSO S., DUARTE S.R., NEDER J.A. & al.** – A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. Eur Respir J, 2007, 29, p. 330-336
35. **BORG G.A.V.** - Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc, 1982, 14, 5, p. 377-381
36. **MARCADET D.-M.** – Peut-on interpréter un test d'effort sous-maximal ? Réalités Cardiologiques, 2011, 282, p. 36-38
37. **ASTRAND P.O.** - Physical performance as a function of age. JAMA, 1968, 205, 11, p. 729-733
38. **Les Asclépiades – THALES.** – Étude Direction Générale de la Santé / Étude épidémiologique sur la BPCO – rapport final. Novembre 2007. <www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_2007-2.pdf> (page consultée le 20/12/2012)
39. **HALBERT R.-J., NATOLI J.-L., GANO A. & al.** – Global burden of COPD : systematic review and meta-analysis. European Respiratory Journal, 2006, 28, 3, p. 523-532
40. **MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SANTÉ.** - Qu'est-ce que la BPCO ? 13 août 2009. [En ligne]. <http://www.sante.gouv.fr/qu-est-ce-que-la-bpco.html> (page consultée le 14/10/2012)
41. **SURPAS P., Alvéole.** - Réhabilitation respiratoire : Guide pratique. 2ème éd. Paris : Imothep, 2008. 252 p. ISBN 2-911443-24-1
42. **PROVENCHER S., POIRIER C., MAINGUY V., HUMBERT M., SIMONNEAU G.** - Le test de marche de six minutes en pneumologie. Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 2007, 26-013-A-30
43. **GROSBOIS J.-M., LE ROUZIC O., MONGE E. & al.** – La réhabilitation respiratoire : évaluation de deux types de prise en charge, ambulatoire versus domicile. Revue de Pneumologie clinique, 2013, 69, p. 10-17
44. **DEBEAUMONT D.** - Efficacité de la réhabilitation : quels résultats espérer chez le sujet âgé ? Revue des Maladies Respiratoires Actualités, 2012, 4, p. 239-242
45. **BOREL B., PROVENCHER S., SAEY D., MALTAIS F.** - Responsiveness of Various Exercise-Testing Protocols to Therapeutic Interventions in COPD. Hindawi Publishing Corporation Pulmonary Medicine, 2013, article ID 410748, 11 p.

Pour en savoir plus :

46. **COQUART J., SAISON S., BART F., GROSBOIS J.-M.** - Reproductibilité du test de stepper de six minutes chez des patients ayant une bronchopneumopathie chronique obstructive.
47. **LE ROUZIC O., MONGEA E., BART F., WALLAERT B., GROSBOIS J.M.** - Validation du test stepper de 6 minutes en réhabilitation respiratoire.
48. **PICHON R., BEAUMONT.** – Le stepper-test de 6 minutes : marqueur de l'évolution de la tolérance à l'effort au cours du programme de réhabilitation respiratoire chez le patient atteint de BPCO ? Centre hospitalier des Pays de Morlaix
49. **POULAIN M., VEALE D.** - Tests de terrain : Shuttle, Tests de marche et leurs équivalents 8ème Journées Francophones Alvéole. Mars 2010. <http://www.splf.org/s/spip.php?article1209> (page consultée le 26/09/2012)
50. **SIMON-RIGAUD M.-L., MSA Les Instants Santé, KOTAO.** - Comment interpréter une Exploration Fonctionnelle Respiratoire (EFR) ? Décembre 2008. <http://www.clge.fr/IMG/pdf/msa00_1239197949973_COMMENT_INTERPR_TER_UNE_EFR.pdf> (page consultée le 11/10/2012)
51. **HAS.** - Élaboration de recommandations de bonne pratique : méthode «Recommandations pour la pratique clinique». Décembre 2010. <http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2011-01/guide_methodologique_recommandations_pour_la_pratique_clinique.pdf> (page consultée le 28/12/2012)

- Site internet : http://fr.groups.yahoo.com/group/kinerespi

ANNEXES

- **ANNEXE I :** Résultats de la recherche bibliographique
- **ANNEXE II :** Exploration fonctionnelle respiratoire
- **ANNEXE III :** Niveau de preuve scientifique et grade des recommandations
- **ANNEXE IV :** Tableau de résultats
- **ANNEXE V :** Résultats obtenus
- **ANNEXE VI :** Moyennes et p (d'après le test de Student) des différents paramètres en fonction de la durée du test
- **ANNEXE VII :** Résultats statistiques des ANOVA à mesures répétées

ANNEXE I : Résultats de la recherche bibliographique

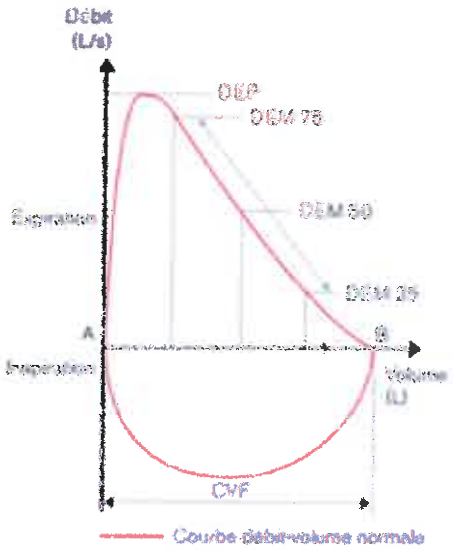
Bases de données/Moteurs de recherche	Mots clés	Résultats obtenus	Documents conservés	N° ordre d'apparition
PubMed	stepper test	95	1	[24]
	stepper test COPD	1	1	[6]
	tolerance effort COPD	66	1	[31]
	tolerance effort COPD stepper	3	1	[45]
Kinédoc	tolérance effort	40	2	[21], [42]
	BPCO	127	2	[14], [17]
ScienceDirect	stepper test COPD	24	2	[22], [44]
PEDro	stepper test	1	1	[43]
EM Consulte	stepper test	223	2	[23], [47]
	BPCO	2406	1	[9]
AJRCCM	respiratory rehabilitation	18145	2	[4], [27]
HAS	BPCO	397	1	[12]
SPLF	BPCO		3	[3], [5], [49]

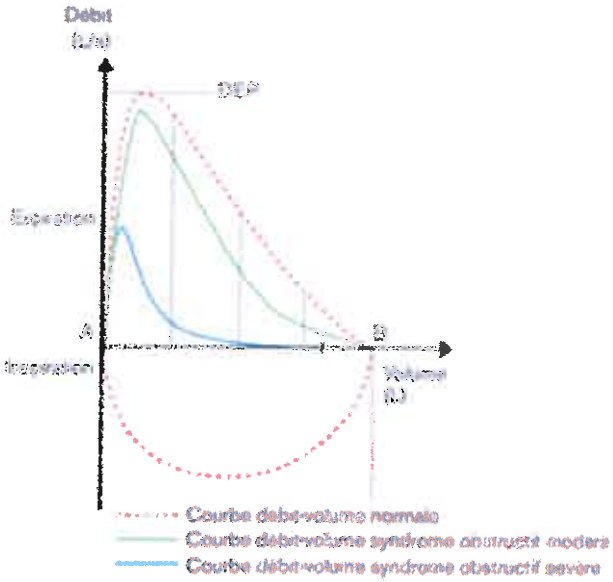
Ne sont cités dans cette annexe, que les résultats ayant mené à des références conservées pour le rapport écrit. Selon les moteurs de recherche, différents filtres et opérateurs booléens sont utilisés.

Plusieurs documents sont issus de sites de référence : ministère des affaires sociales et de la santé [1, 38, 40], OMS [7, 8, 18, 19], GOLD [11], legifrance.gouv.fr [13]. Les recommandations de la société savante hollandaise de physiothérapie [2] sont issues du site ActuKine.com.

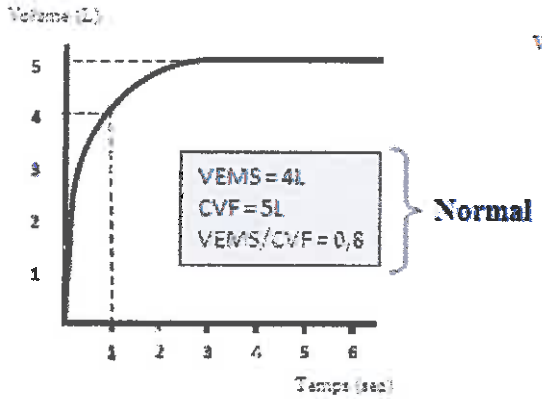
Suite aux premiers articles sélectionnés et après examen de leur bibliographie, nous recherchons d'autres références qui nous semblent utiles, sur différents moteurs de recherche ou de façon manuelle : deux références proviennent de Thorax [28, 29], trois de l'European Respiratory Journal [20, 32, 34], six de PubMed [10, 25, 26, 30, 33, 37, 39]. Une recherche sur google nous amène à conserver trois références [36, 48, 50]. Un article nous est transmis par le centre «Annals, Academy of Medicine, Singapore» [15], un article nous est communiqué par la faculté des sciences du sport et de l'éducation physique Lille 2 [35] et un autre directement par l'auteur [46]. Deux ouvrages ont été empruntés à la bibliothèque de la faculté de médecine de Nancy [16, 41].

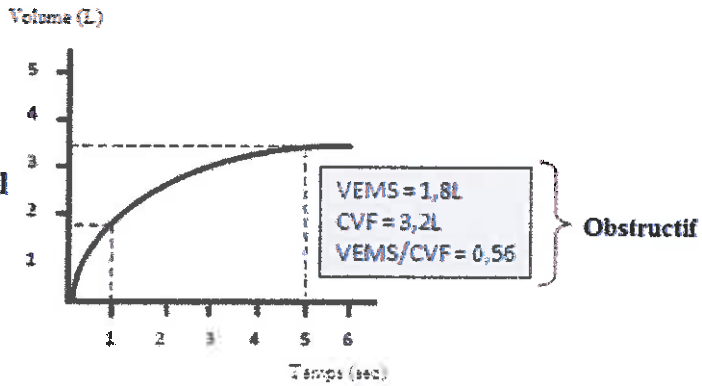
ANNEXE II : Exploration fonctionnelle respiratoire





Courbes débit-volume [50]





Courbes volume-temps [11]

ANNEXE III : Niveau de preuve scientifique et grade des recommandations [51]

Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature (études thérapeutiques)	Grade des recommandations
Niveau 1 • Essais comparatifs randomisés de forte puissance. • Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés. • Analyse de décision basée sur des études bien menées.	**A** Preuve scientifique établie.
Niveau 2 • Essais comparatifs randomisés de faible puissance. • Études comparatives non randomisées bien menées. • Études de cohorte.	**B** Présomption scientifique.
Niveau 3 • Études cas-témoins.	**C** Faible niveau de preuve.
Niveau 4 • Études comparatives comportant des biais importants. • Études rétrospectives. • Séries de cas.	

ANNEXE IV : Tableau de résultats

• Sexe : M / F • Nom / Prénom : Date :

• Age : . . ans (date de naissance : . . / . . / . . . .)

• Poids : . . kg • Taille : . . . cm FC max (bpm) :

• Stade de la BPCO : VEMS (L) :

• Antécédents : CV (L) :

☐ Non Fumeur ☐ Fumeur : nombre de paquets/année . . .

☐ Ex fumeur : nombre de paquets/année . . . Sevré depuis : . . . .

Etat d'esprit du patient (fatigue, contrarié, ...) :

Moment de la journée : Conditions météo :

Ordre de réalisation :

☐ Air ambiant ☐ O_2 : quantité au repos L/min / à l'activité L/min

Paramètres / Temps (min)	SpO_2 (%)	FC (bmp)	Nombre de marches	Dyspnée (Borg)	Douleur MI (EVA)	TA
0						
1						
2						
3						
Récupération						
1						
2						
3						

Pause : de à , cause :

Paramètres / Temps (min)	SpO_2 (%)	FC (bpm)	Nombre de marches	Dyspnée (Borg)	Douleur MI (EVA)	TA
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
Récupération						
1						
2						
3						

Pause : de à , cause :

Test préféré : Raison ?

ANNEXE VI : Moyennes et p (d'après le test de Student) des différents paramètres en fonction de la durée du test.

	ST3 (moyenne)	ST6_3 (moyenne)	ST6 (moyenne)	p
FC en fin de test (bpm)	105,28		107,92	0,1122
FC à 1 min de récupération (bpm)	95,04		99,2	0,0192
SpO_2 en fin de test (%)	93,56		93,08	0,3792
SpO_2 à 1 min de récupération (%)	94,84		94,36	0,2518
Nombre total de marches	85,36	83,72		0,5013
Nombre moyen de marches au cours de la dernière minute de test	28,56		29,04	0,583
Douleur des MI en fin de test	3,54		4,06	0,1334

ANNEXE VII : Résultats statistiques des ANOVA à mesures répétées

Moyenne

Différence non significative

Différence significative

Dyspnée ; effet principal : p=3,93859^{E}-05

	ST3_3	ST6_3	ST6_6
Moyenne	3,76	3,1	4,18
ST3_3		0,01044	0,13923
ST6_3	0,01044		0,00015
ST6_6	0,13923	0,00015	

Fréquence cardiaque ST3 ; effet principal : p=2,87449^{E}-26

	Repos	1 minute	2 minutes	3 minutes
Moyenne	80,84	95,84	102,88	105,28
Repos		0,00015	0,00015	0,00015
1 minute	0,00015		0,00023	0,00015
2 minutes	0,00015	0,00023		0,39472
3 minutes	0,00015	0,00015	0,39472	

Fréquence cardiaque à la récupération ST3 ; effet principal : p<0,00001

	1 min récup	2 min récup	3 min récup
Moyenne	95,04	87,76	83,6
1 min récup		0,00013	0,00013
2 min récup	0,00013		0,00683
3 min récup	0,00013	0,00683	

Fréquence cardiaque ST6 ; effet principal : p<0,00001

	Repos	1 minute	2 minutes	3 minutes	4 minutes	5 minutes	6 minutes
Moyenne	79,92	95	101,24	104,16	105,76	107,2	107,92
Repos		2,569E-05	2,569E-05	2,569E-05	2,569E-05	2,569E-05	2,569E-05
1 minute	2,569E-05		0,00028	2,569E-05	2,569E-05	2,569E-05	2,569E-05
2 minutes	2,569E-05	0,00028		0,38976	0,02672	0,00064	8,464E-05
3 minutes	2,569E-05	2,569E-05	0,38976		0,92305	0,33894	0,11821
4 minutes	2,569E-05	2,569E-05	0,02672	0,92305		0,95292	0,73994
5 minutes	2,569E-05	2,569E-05	0,00064	0,33894	0,95292		0,99883
6 minutes	2,569E-05	2,569E-05	8,464E-05	0,11821	0,73994	0,99883	

Fréquence cardiaque à la récupération ST6 ; effet principal : p<0,00001

	1 min récup	2 min récup	3 min récup
Moyenne	99,2	91,12	87,08
1 min récup		0,00013	0,00013
2 min récup	0,00013		0,02088
3 min récup	0,00013	0,02088	

SpO_2 ST3 ; effet principal : p=1,27435^{E}-13

	Repos	1 minute	2 minutes	3 minutes
Moyenne	96,2	94,6	94,16	93,560
Repos		0,00015	0,00015	0,00015
1 minute	0,00015		0,39105	0,00203
2 minutes	0,00015	0,39105		0,14231
3 minutes	0,00015	0,00203	0,14231	

SpO_2 à la récupération ST3 ; effet principal : p<0,00001

	1 min récup	2 min récup	3 min récup
Moyenne	94,84	96,52	97,16
1 min récup		0,00022	0,00013
2 min récup	0,00022		0,20253
3 min récup	0,00013	0,20253	

SpO_2 ST6 ; effet principal : p=2,62381^{E}-13

	Repos	1 minute	2 minutes	3 minutes	4 minutes	5 minutes	6 minutes
Moyenne	96,48	94,72	94,2	93,48	93,36	93,44	93,08
Repos		0,00097	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
1 minute	0,00097		0,89448	0,06393	0,02829	0,04926	0,00294
2 minutes	2,8133E-05	0,89448		0,64198	0,45473	0,57961	0,13065
3 minutes	2,5690E-05	0,06393	0,64198		0,99996	1,00000	0,96901
4 minutes	2,5690E-05	0,02829	0,45473	0,99996		1,00000	0,99524
5 minutes	2,5690E-05	0,04926	0,57961	1,00000	1,00000		0,98182
6 minutes	2,5690E-05	0,00294	0,13065	0,96901	0,99524	0,98182	

SpO_2 à la récupération ST6 ; effet principal : p<0,00001

	1 min récup	2 min récup	3 min récup
Moyenne	94,36	96,36	96,88
1 min récup		0,00013	0,00013
2 min récup	0,00013		0,26324
3 min récup	0,00013	0,26324	

Nombre de marches par minute ST3 ; p=0,929805756 **pas d'effet principal** p>0,05

	1 minute	2 minutes	3 minutes
Moyenne	28,36	28,44	28,56

Nombre de marches par minute ST6 ; p=0,764014363 **pas d'effet principal** p>0,05

	1 minute	2 minutes	3 minutes	4 minutes	5 minutes	6 minutes
Moyenne	27,72	27,64	28,36	28,48	28,08	29,04

Douleur des MI ; p=0,1190 **pas d'effet principal** p>0,05

	ST3_3	ST6_3	ST6_6
Moyenne	3,54	3,5	4,06