

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Amar Telidji Laghouat
Faculté de Médecine



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du
diplôme de docteur en médecine

**Effet et faisabilité d'un programme de réhabilitation
non conventionnel chez des sujets atteints de
bronchopneumopathie chronique obstructive : étude
quasi-expérimentale à Laghouat.**

Présentée par :

FATMI Hanane Meriem

ZENIKHERI Aicha

LAGRAA Lyna

Devant le jury :

Président : Pr Ag BENYAGOUB Massinisa

Encadrant : Pr Ag BENAZZOUZ Redouene Sid Ahmed

Examineur : Dr BENZIANE Brahim

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Au seuil de cette conclusion, et avant toute considération, nos cœurs s'élèvent en une gratitude infinie vers ALLAH, le Tout-Puissant, le Clément, le Miséricordieux. C'est par Sa grâce incommensurable et Sa guidance éclairée qu'on a pu puiser la santé physique et mentale, la volonté inébranlable, la patience face aux épreuves, et le courage de persévérer à travers les longues et parfois ardues années de mes études médicales. Chaque étape de ce parcours, chaque défi surmonté, et l'aboutissement de cet humble travail de recherche, témoignent de Son soutien indéfectible et de Sa générosité sans limite. Que Sa bénédiction accompagne toujours nos efforts

Notre gratitude la plus distinguée s'adresse à notre directeur de mémoire, le Professeur **BENAZZOUZ. R.** Sa direction éclairée, sa rigueur scientifique, sa disponibilité constante et la pertinence inestimable de ses conseils ont été des phares tout au long de ce cheminement. Nous lui sommes particulièrement redevables pour nous avoir initié à cette thématique captivante, pour la confiance témoignée et pour son mentorat exigeant mais toujours bienveillant, qui ont été déterminants dans la maturation de ce travail.

Nous souhaitons manifester notre sincère reconnaissance aux éminents membres du jury :

- À Monsieur le Docteur **Pr BENYAGOUR. M** pour l'insigne honneur qu'il nous fait en acceptant de présider cette soutenance et pour l'intérêt qu'il porte à notre recherche.
- À Monsieur le Docteur **Dr BENZIANE. B** pour avoir consacré leur temps précieux à l'évaluation minutieuse de ce manuscrit. Leurs expertises respectives et leurs observations critiques seront assurément une source d'amélioration et d'enrichissement.

Notre gratitude s'étend également à l'ensemble du corps professoral et au personnel administratif de la Faculté de Médecine de Laghouat, pour la qualité de l'enseignement dispensé et pour avoir instauré un environnement propice à l'épanouissement académique et scientifique.

Nous ne saurions omettre de remercier chaleureusement tous les sujets/participants qui ont bien voulu prendre part à notre étude. Leur contribution volontaire a été la pierre angulaire de notre investigation.

Enfin, que tous ceux qui, de près ou de loin, par leurs encouragements, leur soutien moral, intellectuel ou matériel, ont concouru à l'aboutissement de ce mémoire, trouvent ici l'expression de notre profonde et sincère gratitude. Leur apport, si discret soit-il, a été une composante essentielle de notre parcours.

Dédicaces

الحمد لله

Je remercie Allah pour ses innombrables bienfaits, pour la force, la patience et les opportunités qu'Il a placées sur mon chemin. C'est avec une profonde émotion et une immense gratitude que je dédie ce travail :

À mes très chers parents,

Pour vos sacrifices inestimables, votre dévouement sans faille, et l'amour inconditionnel dont vous m'avez entouré(e) pour faire de moi la personne que je suis aujourd'hui. Vous m'avez éclairé(e) sur le chemin du savoir, et votre courage ainsi que votre ténacité ont été une source constante d'inspiration pour aller de l'avant. Votre devise, "ne jamais baisser les bras", a été mon phare ; puisse ce travail être une infime partie de la récolte de ce que vous avez semé avec tant d'abnégation. Que Dieu vous accorde une santé florissante et une longue vie emplie de bonheur.

À mes sœurs et mon frère : Aicha, Fatna, Abdallah, Israa,

Pour votre soutien inconditionnel et votre présence constante. Vous êtes mes piliers. Recevez aujourd'hui toute mon affection et ma gratitude. Je vous aime. Qu'ALLAH nous unisse et nous protège toujours.

À ma grand-mère regrettée,

Qui nous a quittés récemment. Ta motivation indéfectible, ton amour sincère et la fierté que tu portais à mon égard ont été des moteurs puissants tout au long de mes études. Tu as toujours cru en moi, et ton souvenir lumineux continue de m'inspirer. Qu'Allah t'accueille dans Son vaste paradis et t'accorde Sa miséricorde infinie.

Aux membres de familles, ma chère tante Zohra et à ses filles, mes tantes paternelles, cousins et cousines

Pour votre affection sincère, vos encouragements constants et votre soutien chaleureux. Votre présence bienveillante dans ma vie est un trésor. Merci du fond du cœur.

À mes précieuses binômes, Aicha et Lyna, et mes amies proches Khadija et Nesrine, Vous êtes bien plus que des collègues, vous êtes de véritables amies et le meilleur souvenir de mon parcours. Merci infiniment pour votre patience, votre aide précieuse et votre soutien indéfectible. Ta présence bienveillante et ton engagement à mes côtés ont été d'un grand réconfort.

À ma meilleure amie, Rahma,

Pour ton amitié indéfectible, tes rires, tes conseils et pour avoir partagé tant de joies et de peines. Ta présence est une bénédiction. Merci d'être toi.

À tous mes enseignants,

Qui, tout au long de mes études, ont partagé leur savoir avec passion et m'ont guidé(e) sur la voie de la connaissance médicale.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail et à mon épanouissement personnel et académique.

Fatmi Hanane Meriem

Dédicaces

C'est avant tout par la grâce et le *Tawfiq* d'Allah que ce travail a pu être accompli et c'est avec un cœur rempli de gratitude que je dédie ce travail :

À mes très chers parents, ma pierre angulaire et ma source d'inspiration première. Vous avez été mon soutien indéfectible, dans l'ombre comme dans la lumière.

À toi, Maman, pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie et tes prières qui ont été mon refuge dans les moments de doute.

À toi, Papa, pour ta force tranquille, ta confiance sans faille et ton soutien qui m'ont donné le courage de viser toujours plus haut.

Vos efforts et vos sacrifices silencieux ont pavé le chemin de ma réussite. Aucun mot ne saurait exprimer la profondeur de ma reconnaissance.

À mes sœurs bien-aimées, Fatima Zahra, Hadjer et Amina. Vous avez été mes piliers, mes confidentes et mes plus grandes supportrices. Votre présence et vos encouragements constants ont été un réconfort puissant, me donnant la force de ne jamais abandonner mes rêves.

À toute ma famille, pour votre affection précieuse, votre bienveillance et vos prières qui m'ont portée tout au long de ce parcours.

À notre professeur encadrant, Professeur Benazzouz R, je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude pour son mentorat précieux et sa disponibilité. Votre accompagnement rigoureux et bienveillant nous a offert une véritable opportunité d'apprentissage et de progression.

À l'ensemble de mes professeurs, pour la qualité de votre enseignement et pour avoir su nous inspirer et nous encourager.

À mes chères binômes, Hanane et Lyna, avec qui ce mémoire a été une véritable aventure humaine et intellectuelle. Je vous remercie pour votre implication exemplaire, votre patience et votre formidable esprit d'équipe. Ce travail porte fièrement votre empreinte.

À mes amies de chemin, mes sœurs de cœur : Khadija et Nesrine. Et bien sûr à vous, Hanane et Lyna Merci pour votre présence fidèle, aussi bien dans les longues nuits de travail que dans les moments de répit. C'est grâce à vous, à votre soutien que j'ai trouvé la force de persévérer face aux difficultés.

À mes collègues de promotion, avec qui j'ai partagé cette belle aventure académique. Les moments forts, les défis surmontés et les réussites célébrées ensemble resteront un souvenir précieux. Je vous souhaite à tous le meilleur pour l'avenir.

Enfin, à toutes celles et ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail et à l'enrichissement de mon parcours académique.

Fenikheri Aicha

Dédicaces

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Seigneur des Mondes, qui par Sa grâce et Sa permission, achève les bonnes œuvres. C'est à Lui que je dédie humblement ce travail.

Je reconnais que toute réussite ne provient que d'Allah, le Tout-Puissant, Celui qui détient toute force et dont la volonté surpasse toute chose. Sans Son aide et Son soutien divin, cet effort n'aurait jamais pu aboutir. Chaque idée, chaque mot et chaque accomplissement est une manifestation de Sa puissance infinie.

A ma très chère mère ;

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que cette réussite soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A la mémoire de mon cher père ;

Parti trop tôt, que Dieu l'accueille en Sa vaste miséricorde, mais dont l'empreinte reste indélébile dans mon cœur et mon esprit. Il a toujours été, sans bruit ni éclat, une source constante de motivation et de force. Par sa simple présence, son regard bienveillant, et ses silences pleins de sens, Il m'a toujours poussé et motivé dans mes études, à croire en moi et à donner le meilleur de moi-même. Ses valeurs, ses conseils, et surtout son exemple de droiture et de patience m'accompagnent encore aujourd'hui, dans chaque pas que je fais. Qu'Allah nous réunisse un jour, au Paradis, dans Sa miséricorde.

Mes merveilleuses sœurs : Amira, Serine, Amani khadidja et l'adorable lhssane ; complices de mes joies et de mes peines, piliers de ma vie, gardiennes de mes souvenirs, et alliées de mon cœur. Ce chemin n'aurait pas été le même sans vous. Votre présence dans ma vie m'a appris l'amour inconditionnel, Qu'Allah nous accorde toujours le bonheur d'être ensemble.

Mes amies de chemin et de la vie, Aicha, Hanane Meriem, Khadidja et Nesrine, Merci pour votre soutien indéfectible, votre écoute précieuse et les innombrables moments de joie partagés.

Votre amitié a été une force sur laquelle je me suis appuyée.

Mes membres de famille, mon oncle Bachir et mes tantes, mes cousines et cousins merci pour votre amour et encouragement à poursuivre mes rêves et à surmonter les défis. Votre confiance en moi a été un moteur précieux tout au long de ce parcours.

Mes chers enseignants, mes chers camarades de promotion, et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail de près ou de loin.

Lagraa Lyna

TABLE DE MATIERE

I.	INTRODUCTION	10
II.	PROBLEMATIQUE	11
III.	REVIU DE LA LITERATURE	14
A.	Rappel physiopathologique de l'atteinte respiratoire de la BPCO	14
B.	Rappel physiopathologique de l'atteinte systémique de la BPCO.....	15
C.	Techniques et composantes de réhabilitation pulmonaire	19
D.	Activités et programmes adaptés	27
E.	Méthodes d'évaluation :	33
F.	Effets de la réhabilitation pulmonaire sur la santé	39
1.	Effets à Court et Moyen terme :	40
2.	Effets à long terme :	41
G.	Recommandations des sociétés savantes :	44
1.	Les recommandations du GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) :	44
2.	Les recommandations de l'ERS (European Respiratory Society) :	44
3.	Les recommandations de L'American thoracic society (ATS) :	45
H.	Revue de littérature sur les bénéfices de la prière " SALAT"	46
1.	Les bénéfices de la prière sur la sante :	48
IV.	OBJECTIFS	51
A.	Objectif principal :	51
B.	Objectifs secondaires :	51
V.	MATERIEL ET METHODES :	52
A.	Type d'étude :	52
B.	Population d'étude :	52
C.	Critères d'inclusion :	52
D.	Critères de non inclusion :	52
E.	Nombre de sujets nécessaires :	52
F.	Constitution de l'échantillon :	52
G.	Critères de jugement :	53
1.	Critères de jugements principaux :	53
2.	Critères de jugements secondaires :	53

H.	Variables étudiées :	53
I.	Plan et déroulement de l'étude :	57
J.	Considération éthique :	62
K.	Plan d'analyse statistique :	62
VI.	RESULTATS.....	63
A.	Les caractères sociodémographiques et anthropométriques :	63
B.	Variables liées aux antécédents des sujets inclus :	64
C.	Variables liées à la dyspnée et la qualité de vie :	65
D.	Variables liées à la fonction respiratoire :	67
E.	Variables liées à la performances fonctionnelles de base :	67
F.	Variables liées à la force et à l'endurance :	68
G.	Variables liées aux contrôles intermédiaires :	72
H.	Variables liées à la sévérité et au pronostic :	74
VII.	DISCUSSION	75
A.	Forces et faiblesses :	75
B.	Discussion de la fréquence d'adhésion et des caractères sociodémographiques :	77
C.	Discussion des paramètres anthropométriques et des comorbidités :	78
D.	Impact de la fatigue psychique et de la douleur :	78
E.	Discussion variables liées à la dyspnée :	79
F.	Discussion des variables liées à la fonction respiratoire :	81
G.	Discussion des variables liées à la qualité de vie :	81
H.	Discussion des performances fonctionnelles de base :	82
I.	Discussion des variables liées à la force et l'endurance :	83
VIII.	CONCLUSION ET PERCPECTIVES	85
IX.	ANNEXES.....	87
X.	BIBLIOGRAPHIE	94
XI.	RESUME	122
XII.	ABSRTACT	123
XIII.	ملخص.....	124

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Planification des évaluations et du recueil des données des participants.	58
Tableau 2 : Les principaux caractères sociodémographiques des sujets inclus selon l'adhésion au protocole SLS.	63
Tableau 3: Médianes des paramètres anthropométriques des sujets inclus entre adhérent et non adhérents et leurs évolutions.....	64
Tableau 4: Distribution des comorbidités selon l'adhérence au protocole.	65
Tableau 5: Médianes des paramètres du score mMRC et du Borg 10 des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.....	65
Tableau 6: Médianes des paramètres du score COPD Assessment Test (CAT) des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.	66
Tableau 7 : Médianes des paramètres de la fonction respiratoire des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.....	67
Tableau 8 : Médianes des paramètres de performances fonctionnelles de base des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.....	68
Tableau 9: Médianes des paramètres de la force et de l'endurance des patients à l'inclusion des sujets selon l'adhérence.	69
Tableau 10 : Médianes des paramètres de la force et l'endurance des patients à la fin du programme selon l'adhérence.	70
Tableau 11 : Médianes de la variation de force et de l'endurance des patients des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.....	71
Tableau 12: Médianes des variables de suivi des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.	73
Tableau 13: Médianes des paramètres liées à la sévérité et au pronostic.	74
Tableau 14: Des études sur l'amélioration du score mMRC après RP.	80
Tableau 15 : Des études sur l'amélioration du score CAT après RP.	81

LISTE DE FIGURES

Figure 1: Dynamomètre SHANE série AMF (NS : 430402125x).....	60
Figure 2: Impédancemètre bioélectrique OMRN BF508 (HBR-508-E).	61
Figure 3: COSMED spirometer à turbine pony FX.	61
Figure 4 : Evolution de la dyspnée en pourcentage au cours du protocole SLS.....	72
Figure 5: Evolution de l'asthénie psychique au cours du protocole SLS.....	73

Liste des abréviations

1 RM	: Répétition maximale.
1_STS	: 1-min sit-to-stand test / Test de lever de chaise d'une minute.
50 RM	: La mesure d'endurance à 50 % de force maximale.
ACSM	: American College of Sports Medicine.
AECOPD / EABPCO	: Acute Exacerbations of COPD / Exacerbations aiguës de BPCO.
ATS	: American Thoracic Society.
BDI	: Baseline Dyspnea Index / L'indice de Dyspnée de Base.
BODE	: Body-mass index, Obstruction, Dyspnea and Exercise Score.
Borg CR 10	: L'échelle de BORG modifiée CR-10.
BPCO	: La bronchopneumopathie chronique obstructive.
CAT	: COPD Assessment Test.
CNO	: Compléments nutritionnels oraux.
CRQ	: Questionnaire de Qualité de Vie Respiratoire.
CSO	: Corticostéroïdes oraux.
CVF	: Capacité Vitale Forcée.
DLCO	: Diffusing Capacity of the Lungs for Carbon Monoxide / Capacité de diffusion du monoxyde de carbone.
DMS	: Distance main-sol.
ELF	: European Lung Foundation.
EMI	: Entraînement des muscles inspiratoires.
EMS	: Entraînement des membres supérieurs.
ER	: Entraînement en résistance.
ERS	: European Respiratory Society.
Extension jambe 1RM	: La force isométrique maximale lors de l'extension de jambe.
Extension jambe 50RM	: L'endurance isométrique lors de l'extension de jambe.
Extension jambe 50RM Isotonique	: L'endurance isotonique lors de l'extension de jambe.
Flexion épaule 1RM	: La force isométrique maximale lors de la flexion de l'épaule.
Flexion épaule 50RM	: L'endurance isométrique lors de la flexion de l'épaule.
Flexion épaule 50RM isotonique	: L'endurance isotonique lors de la flexion de l'épaule.
Flexion jambe 1RM	: La force isométrique maximale lors de la flexion de jambe.
HD	: Hyperinflation dynamique.
HIIT	: Entraînement par intervalles à haute intensité.
HRQoL	: Health-related Quality of Life / Qualité de vie liée à la santé.
IMC	: Indice de Masse Corporelle.

MCID	: Minimal Clinically Important Difference / La différence minimale cliniquement importante.
MMT	: Manual Muscle Testing.
mMRC	: Échelle de dyspnée modifiée du Medical Research Council.
MRC	: Maladies respiratoires chroniques.
NMES	: Neuromuscular electrostimulation / Stimulation électrique neuromusculaire transcutanée.
OMS	: L'Organisation mondiale de la Santé.
Pectoral 1RM	: La force isométrique maximale lors de la presse pectorale.
Pectoral 50RM	: L'endurance isométrique lors de la presse pectorale.
POMA	: Tinetti Performance Oriented Mobility Assessment.
QoL	: Quality of Life / Qualité de vie.
RE	: Réentraînement à l'effort.
ROS	: Reactive Oxygen Species.
RP	: Réhabilitation pulmonaire.
RR	: Réadaptation respiratoire.
Sf 36	: Medical Outcomes Study Short Form 36.
SGRQ	: Saint George's Respiratory Questionnaire.
SLS	: Séries de lever de sol.
SLH	: Singing for Lung Health.
SNO	: Supplémentation nutritionnelle orale.
TCC	: Thérapie cognitivo-comportementale.
TDI	: Transition Dyspnea Index / Indice de Dyspnée Transitoire.
TM6 / 6MWT	: Test de marche de 6 minutes.
T-PR	: Télé-réhabilitation pulmonaire.
T-YT	: Télé-yoga thérapie.
TUG	: Timed Up and Go Test.
VAS / EVA	: Visual Analogue Scale / Échelle visuelle analogue.
VEMS	: Volume expiratoire maximal seconde.
WBVT	: Whole Body Vibration Training / L'entraînement par vibration de tout le corps.

I. INTRODUCTION

La bronchopneumopathie chronique obstructive représente un véritable défi sanitaire et économique à l'échelle mondiale par ses répercussions en termes de morbidité et de mortalité(1). En 2019, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a rapporté une prévalence de 212,3 millions de cas de BPCO dans le monde, avec 16,2 millions de nouveaux cas diagnostiqués cette même année. La BPCO a été responsable de 3,3 millions de décès, un taux de mortalité significatif qui la classe comme la troisième cause de mortalité à l'échelle mondiale (2). À l'approche de 2050, Le nombre de cas de BPCO est estimé à augmenter de 112 millions pour atteindre un total de 592 millions (9,5 % de la population éligible totale). Cette progression représente une augmentation relative de 23,3 % sur la période allant de 2020 à 2050 soulignant ainsi l'importance de la mise en œuvre des mesures de prise en charge appropriées(3).

Cette maladie respiratoire chronique se caractérise par des manifestations systémiques altérant plusieurs fonctions physiologiques notamment le fonctionnement musculaire(4). En effet, la dyspnée lors des activités quotidiennes est courante dans la BPCO motivant souvent les patients à la sédentarité en raison de l'inconfort associé à celle-ci. Cette diminution de l'activité quotidienne régulière au fil du temps entraîne un déconditionnement physique supplémentaire, ce qui contribue à l'apparition de la dyspnée lors des activités physiques de base(5). Ce mécanisme physiopathologique auto-entretenu, engendre une altération progressive des capacités fonctionnelles entraînant une évolution vers un état de perte d'autonomie, un handicap fonctionnel significatif, et une détérioration de la qualité de vie des patients. Cette dynamique clinique soulève des défis thérapeutiques majeurs, nécessitant une approche multidisciplinaire pour interrompre la spirale incapacitante et optimiser les résultats cliniques (6,7). De ce fait, la stratégie du Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) pour la prise en charge de la BPCO repose sur plusieurs axes suivant une approche globale basée sur la mise en œuvre calibrée des thérapies en fonction des besoins individuels du patient. Cette approche inclut le sevrage tabagique, l'élimination des risques professionnels, le traitement pharmacologique, et la réhabilitation pulmonaire qui joue un rôle crucial dans la progression et la stabilisation de la maladie(8).

La réhabilitation pulmonaire est l'une des armes thérapeutiques primordiales ayant une utilité largement prouvée. L'American Thoracic Society (ATS) et l'European Respiratory Society (ERS) définit la réhabilitation pulmonaire comme étant une intervention fondée sur des preuves, multidisciplinaire et globale, destinée aux patients atteints de maladies respiratoires chroniques qui sont symptomatiques et dont les activités quotidiennes sont souvent réduites. Intégrée dans la prise en charge individualisée du patient, la réhabilitation respiratoire vise à atténuer les symptômes, à améliorer le statut fonctionnel, à favoriser la participation et à limiter les coûts de santé en stabilisant ou en atténuant les manifestations systémiques de la maladie(9).

Cette prise en charge recommandée a pour objectif de promouvoir le maintien d'une activité physique adaptée et régulière, reconnu comme un déterminant clé de la prévention des complications systémiques liées à la pathologie(10).

II. PROBLEMATIQUE

La médecine moderne a révisé sa conception du repos chez les patients, passant d'une recommandation traditionnelle de repos prolongé à une approche thérapeutique centrée sur la promotion de l'activité physique soutenue par les avancées scientifiques et cliniques(11). La réhabilitation pulmonaire est un volet thérapeutique primordial ayant pour but de limiter le handicap fonctionnel , stabiliser la maladie et de favoriser une meilleure qualité de vie(12). Ces interventions thérapeutiques nécessitent la collaboration d'une équipe multidisciplinaire et des unités spécialisés notamment lors des phases d'initiation ou de suivi. En se référant sur des techniques conventionnelles qui sont fondées sur de multiples études et validés par les Guidelines des sociétés savante notamment l'American College of Sports Medicine (ACSM), l'American Thoracic Society (ATS) et l'European Respiratory Society (ERS). De nombreux programmes d'exercice en réadaptation pulmonaire sont recommandés tels que la marche avec ses variétés sur tapis roulant, piste ou avec aide d'un déambulateur, le cyclisme, le vélo stationnaire, les exercices de résistance avec ou sans poids et même la natation (13–15). À l'échelle mondiale, la disponibilité de ces programmes reste modérée par rapport à la demande de réhabilitation pulmonaire qui dépasse largement la capacité de ces unités. De ce fait, on estime que seulement 1.2 % des patients atteintes de BPCO symptomatiques candidats à un programme de réhabilitation pulmonaire ont accès à celui-ci(16). L'accès restreint à la réhabilitation pulmonaire est lié à des difficultés socio-économiques à savoir les infrastructures locales inadéquates et les ressources humaines et financières limitées(17).

Toutefois, des études récentes rapporte que des challenges majeurs à l'intégration et le maintien d'une adhérence à long terme à des programmes de réhabilitation respiratoire peut être lié au manque d'adhérence des sujets pour des raisons culturelles ou psychosociales (18).

Ces barrières ont contribué à la recherche de nouvelles approches plus simples et plus applicables, visant à faciliter l'accès à ce moyen thérapeutique(19). Certaines de ces approches modernes essayent de s'adapter à la culture et aux habitudes de la population cible. Ainsi des résultats prometteurs ont été démontré avec des protocoles intégrant le Yoga en Inde , le Tai chi en Chine , et la danse au Canada et aux états unis (20–24).

En Algérie, ce type de programmes demeure encore largement inexploré, de ce fait notre travail a pour objectif d'investiguer la faisabilité d'un nouveau programme thérapeutique basé sur des séries de lever du sol inspiré d'une pratique quotidienne dans la vie de la population musulmane (25,26). La prière islamique appelée « SALAT » en arabe, constitue le deuxième pilier de l'Islam c'est une exigence rituelle de l'adoration.

Elle est considérée comme une interaction réciproque entre le corps et le mental mobilisant la plupart des articulations et des groupes musculaires par des mouvements séquentiels simples et doux, néanmoins la phase la plus exigeante en termes de force musculaire et d'effort physique est la lever de sol. Les musulmans en bon état de santé sont sensés réaliser 22 levers de sol repartis sur 05 prières durant la journée. Les sujets âgés ou en état de santé altéré sont dispensé de faire la prière dans sa version complète et peuvent se limiter à des positions moins exigeantes (assises ou couchées).

Cette exemption peut être initiée par le sujet lui-même cependant, certaines institutions islamiques recommandent l'intégration de l'avis médical dans cette dispense.

Ce qui nous amène à soulever une question pertinente : quels sont les facteurs de non faisabilité d'un programme d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » chez les patients BPCO ayant une dysfonction musculaire, et quels en seraient les effets chez cette catégorie des patients?

Première partie :

Partie théorique.

III. REVU DE LA LITERATURE

A. Rappel physiopathologique de l'atteinte respiratoire de la BPCO

La bronchopneumopathie obstructive chronique (BPCO) est une maladie respiratoire chronique principalement liée à l'exposition prolongée à des particules nocives inhalées, principalement la fumée de tabac et les combustibles de biomasse(27). Longtemps considérée comme une maladie pulmonaire caractérisée par une obstruction des voies respiratoires, il est désormais bien établi que la BPCO est une maladie systémique présentant des manifestations pulmonaire et extra-pulmonaires multiples notamment musculaire qui constituent l'un des principaux déterminants du pronostic de cette affection(4,13,28).

a. Mécanismes d'obstruction :

La BPCO se définit par une limitation progressive et non réversible du flux aérien, résultant d'une réponse inflammatoire exacerbée des poumons face à l'exposition prolongée à des particules ou de gaz toxiques. L'inhalation d'irritants déclenche une cascade inflammatoire affectant principalement les petites voies aériennes entraînant un remodelage bronchique. Ce processus se traduit par l'épaississement de la paroi bronchique consécutif à la réparation tissulaire. Cette altération favorise un dysfonctionnement du système de clairance muco-ciliaire, un élément clé de l'immunité innée et donc l'accumulation d'exsudats inflammatoires composés de neutrophiles et de lymphocytes dans la lumière bronchique, aggravant ainsi l'obstruction des voies aériennes par l'hypersécrétion de mucus, et entraînant une diminution des débits aériens à travers le système bronchique " obstruction débit-métrique". Parallèlement l'emphysème, une autre composante majeure de la BPCO, résulte de la destruction des parois alvéolaires par l'action des métalloprotéinases matricielles, des enzymes impliquées dans le remodelage de la matrice extracellulaire et la réparation tissulaire, un phénomène désigné sous la terminologie élastolyse. Cette destruction entraîne une dilatation permanente des espaces alvéolaires, une perte du recul élastique, une hyperinflation et une limitation du débit expiratoire. Par ailleurs, le réseau élastique alvéolaire joue un rôle clé au maintien de l'ouverture des petites voies aériennes se trouve également altéré, compromettant de ce fait la stabilité tissulaire et les propriétés mécaniques pulmonaires, contribuant ainsi au déclin progressif de la fonction pulmonaire et accélère la progression de la maladie(29–33).

b. L'obstruction et la dyspnée d'effort :

La dyspnée d'effort constitue généralement le premier symptôme clinique ressenti par le patient. Son mécanisme repose sur l'effet de l'obstruction bronchique sur la ventilation pulmonaire. Au repos, l'obstruction ralentit principalement l'expiration, mais celle-ci reste complète en l'absence de contrainte temporelle. À l'exercice, l'accélération physiologique de la fréquence respiratoire pour répondre à l'augmentation des besoins en oxygène réduit le temps expiratoire, rendant l'expiration incomplète. Cette limitation entraîne une augmentation progressive du volume pulmonaire en fin d'expiration, se traduisant par une élévation de la capacité résiduelle fonctionnelle par rapport au niveau ventilatoire de repos, phénomène décrit comme le « signe du créneau » et s'accompagne également d'une diminution de la capacité inspiratoire. Ces modifications définissent l'hyperinflation dynamique (HD), caractéristique clé de la BPCO à

l'effort. Parmi les conséquences de l'HD figure la diminution du volume courant, entraînant une respiration rapide et superficielle, aggravant ainsi la sensation de l'essoufflement (34,35).

c. Les troubles des échanges gazeux :

Les troubles des échanges gazeux résultent des altérations du rapport ventilation/perfusion pulmonaire. L'effet shunt correspond à des zones pulmonaires perfusées mais non ventilées, empêchant ainsi l'oxygénation du sang qui les traverse et conduisant à une hypoxie. En revanche, l'effet espace mort désigne des régions ventilées mais non perfusées, empêchant l'élimination du dioxyde de carbone. Ces troubles peuvent initialement être compensée par une hyperventilation, mais à un stade avancé de la maladie, lorsque cette compensation devient insuffisante, une hypercapnie s'installe(35,36).

Les troubles de la capacité de transfert de l'oxygène résultent, d'une part, des anomalies du rapport ventilation/perfusion mentionnées précédemment. D'autre part, à la réduction de la surface d'échange dans les zones exclusivement emphysémateuse suite à la destruction conjointe des alvéoles et des capillaires rendant l'échange gazeux impossible. Cette altération reste cliniquement silencieuse au repos, mais se manifeste à l'effort par une hypoxémie et une désaturation de l'oxyhémoglobine. A l'effort, l'exercice induit une augmentation du débit cardiaque, accélérant le passage du sang sur une surface d'échange insuffisante, empêchant ainsi une oxygénation optimale(37).

d. Répercussion sur la circulation pulmonaire :

L'atteinte de la circulation pulmonaire au cours de la BPCO repose sur deux mécanismes distincts qui contribue au développement progressif d'une hypertension artérielle pulmonaire, pouvant aboutir à une insuffisance ventriculaire droite au stade avancé de la maladie. D'une part, l'hyperinflation statique qui comprime les capillaires pulmonaires, réduisant ainsi la surface d'échange vasculaire. D'une autre part, l'hypoxie alvéolaire déclenche une vasoconstriction, un mécanisme compensatoire destiné à rediriger le flux sanguin vers les zones pulmonaires mieux ventilées afin d'optimiser les échanges gazeux (38).

B. Rappel physiopathologique de l'atteinte systémique de la BPCO

La dysfonction musculaire résulte d'interactions complexes entre des facteurs locaux et systémiques, qui inclut à la fois les muscles respiratoires et squelettiques dont la perte de force et/ou d'endurance des premiers peut entraîner une insuffisance ventilatoire, tandis que pour les seconds elle limite la capacité à l'exercice et les activités de la vie quotidienne, occasionnant ainsi des conséquences cliniques, notamment une faible tolérance à l'exercice et une altération de la qualité de vie(39–42).

a. Histopathologie :

Les altérations structurales du muscle squelettique périphérique dans la BPCO sont bien documentées et incluent une atrophie musculaire globale qui se manifeste macroscopiquement par une réduction du diamètre de la cuisse et microscopiquement par une diminution de la surface transversale des fibres musculaires. Une modification métabolique spécifique à la BPCO est la transition des fibres musculaires oxydatives résistantes à la fatigue types I vers des fibres

glycolytiques à prédominance de force types II (43). D'autres altérations histologiques notables citant une réduction de la capillarisation, qui affecte particulièrement les fibres musculaires de type I, ce qui impacte leur capacité oxydative(43). Également, une infiltration de tissu adipeux a été observée dans les muscles des patients atteints de BPCO, où l'inflammation du tissu graisseux favorise une redistribution des lipides vers la région intra-abdominale et le tissu musculaire squelettique(44).

Par ailleurs, un cas particulier chez les patients atteints de BPCO Le diaphragme qui présente une proportion plus élevée de fibres de type I par rapport à un sujet sain. Cette adaptation est typiquement observée dans les muscles soumis à un entraînement intensif. En effet, chez les patients BPCO, le diaphragme est constamment sollicité pour compenser la résistance induite par l'obstruction bronchique, ce qui entraîne une modification de son profil musculaire(45,46).

b. Mécanismes physiopathologiques de l'atteinte musculaire :

b.1. Le déconditionnement musculaire :

La masse musculaire est principalement régulée par l'activité physique donc, une immobilisation prolongée peut entraîner une atrophie musculaire, avec une perte des fibres musculaires de type I, un phénomène appelé déconditionnement(47). Chez les patients atteints de BPCO, la diminution de l'activité physique contribue à l'aggravation de la dyspnée lors de l'effort. La majoration de cette gêne respiratoire vient s'ajouter à la dyspnée préexistante, incitant le patient à réduire encore davantage son activité, ce qui accélère la dégradation musculaire, reflétant un véritable cercle vicieux. Cependant, la diminution de la masse musculaire est parfois plus marquée que ce que l'on pourrait expliquer par la seule réduction de l'activité physique ce qui suggère l'implication d'autres facteurs, on parle ainsi de myopathie acquise(31).

b.2. L'inflammation systémique :

Initialement, la théorie du " Spill-over " suggérait que l'inflammation systémique dans la BPCO provenait de l'inflammation pulmonaire, diffusant ensuite dans l'ensemble de l'organisme via la circulation sanguine(28). Cependant, l'absence de corrélation entre les niveaux des marqueurs inflammatoires du poumon, du sang et des muscles, ainsi que la présence de modifications musculaires précoces, remet en question cette hypothèse et suggèrent que les manifestations extra-pulmonaires de la BPCO se développent en parallèle à l'atteinte pulmonaire, sous l'effet des mêmes agressions pathogéniques(48,49). Toutefois, plusieurs études confirment une augmentation systémique des marqueurs inflammatoires (TNF- α , IL-6, IL-8) et des myokines, jouant un rôle essentiel dans la l'homéostasie musculaire et la régulation de la fonte musculaire (50). Par ailleurs, il est désormais de plus en plus reconnu que l'inflammation musculaire peut avoir des effets opposés : une inflammation chronique de faible intensité favorise le catabolisme musculaire, tandis qu'une inflammation aiguë, induite par l'exercice stimule la régénération musculaire(51,52).

b.3. Anomalies des échanges gazeux : l'hypoxie / l'hypercapnie :

Chez les patients BPCO, l'hypoxie musculaire est due à une réduction de l'apport en oxygène aux tissus. Cette hypoxie favorise l'inflammation systémique, le stress oxydatif, le déséquilibre protéique, l'apoptose et l'altération de la régénération musculaire conduisant ainsi à une perte de masse musculaire(53). L'hypercapnie, quant à elle, peut exercer un effet direct sur les muscles squelettiques ou agir indirectement par le biais de l'acidose induite par la baisse du pH. Celle-ci va perturber la protéostase musculaire, c'est-à-dire l'équilibre entre la synthèse et la dégradation des protéines en activant l'AMPK α 2, ce qui stimule l'expression des ligases ubiquitines comme MuRF1, favorisant ainsi la dégradation protéique(36,54). De plus, des preuves récentes montrent que les patients présentant une hypercapnie avaient une expression génique ribosomale supprimée, et une biogenèse ribosomale réduite résultant également d'une diminution de la synthèse protéique(55).

b.4. Stress oxydatif systémique :

Un stress oxydatif se produit suite à un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène (Reactive Oxygen Species "ROS") qui sont des produits du métabolisme aérobie normalement présentes dans différents tissus y compris les muscles et la capacité de l'organisme à les neutraliser via des systèmes antioxydants. L'inflammation ainsi que d'autres facteurs tels que la diminution du flux sanguin, l'hypoxie et l'activité contractile peuvent moduler le niveau de production de ROS et donc l'intensité du stress oxydatif. Bien que les relations entre le stress oxydatif systémique et le dysfonctionnement musculaire ne soient pas encore totalement élucidées, une relation directe a été mise en évidence entre le niveau de stress oxydatif dans le tissu musculaire et l'altération de la fonction musculaire(56,57).

b.5. Dysfonctionnement mitochondrial :

Les altérations mitochondriales jouent un rôle central dans la physiopathologie de la sarcopénie, une affection caractérisée par la perte progressive de la masse musculaire, de la force et des performances physiques liée au vieillissement. Elles se traduisent par une réduction de la densité mitochondriale "biogenèse" liée à une baisse de l'expression des facteurs de transcription, comme PGC-1 α (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha) régulateur clé de la production mitochondriale. Ces altérations incluent également une réduction des capacités oxydatives mitochondriales, un dysfonctionnement de l'autophagie mitochondriale (mitophagie), une augmentation de l'apoptose, ainsi qu'une production accrue d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), favorisant le stress oxydatif(58,59).

b.6. Prédisposition génétique et épigénétique :

La BPCO est une maladie multifactorielle où la prédisposition génétique est un facteur de risque reconnu, impliquant principalement des polymorphismes génétiques concernant principalement les gènes impliqués dans des fonctions susceptibles de favoriser la perte musculaire squelettique(60). Toutefois, peu d'études se sont spécifiquement penchées sur leur lien avec la dysfonction musculaire dans la BPCO.

Par ailleurs, les modifications épigénétiques est un facteur déterminant dans la physiologie musculaire, notamment durant l'embryogenèse et l'adaptation aux facteurs environnementaux. Elles interviennent dans la régulation des types de fibres musculaires et peuvent être influencées par des éléments externes, tels que la nutrition(61).

b.7. Autres mécanismes de dysfonctionnement musculaire :

Le mécanisme physiopathologique de la fonte musculaire squelettique dans la BPCO reste controversé, notamment concernant son origine, qu'elle implique des mécanismes physiopathologiques propres à la maladie ou qu'elle découle exclusivement de facteurs externes tel que la fumée de tabac et la sédentarité (40,62).

L'exposition au tabac :

Bien qu'il soit difficile de distinguer les effets du tabagisme de ceux de la BPCO. Des études menées sur des modèles animaux et humains suggèrent que le tabac contribue à la dysfonction musculaire avant même l'apparition de problèmes pulmonaires par plusieurs mécanismes. Parmi eux : le stress oxydatif, l'inflammation, le déséquilibre protéique, l'altération de la transmission neuromusculaire, la réduction de la capacité oxydative musculaire et la toxicité du monoxyde de carbone (CO) (63,27).

La sédentarité :

Chez les patients atteints de BPCO, la sédentarité est prédominante et le faible niveau d'activité physique constitue un facteur prédictif majeur de mortalité(64). Comparés aux sujets sains les sujets présentant une BPCO présentent une consommation d'oxygène et d'ATP anormalement élevées lors d'un effort modéré accompagné des différences au niveau des transcriptomes et protéomes musculaires(65). Ces anomalies témoignent d'une absence de corrélation entre l'expression des gènes bioénergétiques et les voies de remodelage tissulaire ainsi qu'un profil anormal d'acides aminés. Ce qui suggère fortement l'implication de mécanismes épigénétiques et une myogenèse altérée dans les muscles de ces patients(66).

La dénutrition :

La dénutrition constitue une comorbidité fréquente dans la BPCO, jouant un rôle pathogénique central dans le développement de la dysfonction musculaire squelettique et corrélée avec une augmentation de la morbidité et de la mortalité(67). Cette dénutrition est attribuable à l'interaction complexe de multiples mécanismes physiopathologiques, incluant une augmentation de la dépense énergétique, une réduction de l'apport calorico-protéique, un état inflammatoire systémique persistant, une activation accrue de la lipolyse, et surtout un déséquilibre marqué entre l'anabolisme et le catabolisme protéique musculaire, médié principalement par la surexpression du système ubiquitine-protéasome (68–70).

Les effets secondaires des corticostéroïdes :

Les traitements médicamenteux utilisés dans la BPCO, notamment les corticostéroïdes systémiques, peuvent induire des altérations musculaires significatives. Même à doses modérées, ces agents sont responsables des myopathies aiguës et chroniques à la fois (71,72). La myopathie chronique cortico-induite se manifeste par une altération progressive de la fonction musculaire,

caractérisée principalement par une perturbation de la synthèse des protéines contractiles, une activation des systèmes ubiquitine-protéasome et lysosomal, et une inhibition de la voie IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1), une voie de signalisation cellulaire clé impliquée dans la régulation de la croissance, du développement, du métabolisme et du vieillissement. Accompagnés d'une surexpression de la myostatine, tous ces effets conduisent à un catabolisme protéique accru(73,74). Sur le plan clinique E Benz et al., ont démontré que l'utilisation prolongée de corticostéroïdes oraux (CSO) entraîne une diminution de la force de préhension (handgrip strength) avec une dépendance cumulative à la fréquence et à la durée d'exposition, reflétant ainsi cette atteinte musculaire(75).

Ces données soulignent la nécessité d'intégrer une surveillance systématique de la fonction musculaire dans la prise en charge standard des patients BPCO sous CSO, ainsi que la mise en œuvre de stratégies préventives adaptées.

C. Techniques et composantes de réhabilitation pulmonaire

a. Réentraînement à l'effort :

Le Réentraînement à l'effort (RE) ou l'entraînement d'endurance continue des muscles des membres inférieurs est la modalité d'entraînement aérobic la plus couramment utilisée. Il consiste à exercer une activité physique pendant une période prolongée à une intensité spécifique impliquant des stratégies d'entraînement basées sur le cyclisme et la marche (76,77).

La marche au sol ou sur tapis roulant et le cyclisme à l'aide d'un vélo ergomètre stationnaire sont des modalités d'exercice optimales, sous réserve d'une bonne tolérance par le patient. L'entraînement à la marche présente un intérêt particulier par son caractère fonctionnel, induisant des améliorations directes de l'endurance à la marche et de la qualité de vie (78–80). L'exercice à vélo, quant à lui, une sollicitation musculaire plus importante au niveau des quadriceps comparativement à la marche, tout en engendrant une désaturation artérielle en oxygène (SpO_2) moins marquée que la marche à effort équivalent en raison de sa demande ventilatoire réduite. Ce profil physiologique particulier en fait une modalité d'exercice privilégiée pour les patients présentant une limitation ventilatoire sévère(81).

Wootton et al., ont démontré l'efficacité clinique de l'entraînement à la marche au sol pour améliorer la qualité de vie et la capacité d'endurance à l'effort chez les personnes atteintes de BPCO(82). Farias et al., ont mené également un essai contrôlé randomisé qui a démontré qu'à l'issue d'un programme simple de marche aérobic de huit semaines une amélioration significative de la force musculaire des membres inférieurs tout comme la masse musculaire associé d'une réduction de la dyspnée et de la fatigue dans le groupe de réhabilitation(83).

Un autre programme d'entraînement intensif sur ergocycle pour les patients atteints de BPCO avancé a été mené par Pothirat et al., montre que ce type d'entraînement a engendré des améliorations à la fois cliniquement et statistiquement significatives. Cet entraînement a permis de renforcer les muscles respiratoires et périphériques, d'augmenter la capacité d'exercice, de réduire la dyspnée, et d'améliorer la qualité de vie liée à la santé « HRQoL »(84).

De même, une méta-analyse récente issues de données agrégées provenant de multiples essais cliniques randomisés confirme l'efficacité de l'entraînement d'endurance dans la prise en charge de la BPCO, mettant en évidence des améliorations significatives de la fonction motrice et une réduction notable des symptômes de dyspnée(85).

b. Renforcement musculaire :

Le renforcement musculaire ou l'entraînement en résistance (ER) vise à renforcer les groupes musculaires par des mouvements répétés avec des charges lourdes, améliorant ainsi davantage la masse et la force musculaires que l'entraînement d'endurance(76).

L'entraînement en résistance cible prioritairement les muscles des membres inférieurs où l'atrophie musculaire liée à la maladie est la plus marquée. À cet égard, Troosters et al ., ont confirmé son efficacité et sa sécurité, y compris lors d'exacerbations aiguës de BPCO, en luttant contre la dysfonction musculaire et en favorisant un environnement anabolique(86).

Une méta-analyse portant sur 750 patients a démontré également qu'une approche combinant endurance et résistance améliorerait davantage la force des jambes, notamment au niveau de l'extension du genou et de la presse à jambes, comparé à un entraînement d'endurance seul (87).

Parallèlement, les protocoles d'entraînement en résistance intégrant des dispositifs élastiques ont montré des effets comparables à ceux de l'entraînement en résistance conventionnel sur le développement de la force musculaire et la capacité fonctionnelle. Un essai contrôlé randomisé confirme que l'utilisation de différentes composantes élastiques, telles que les tubes ou les bandes, induit des adaptations similaires en termes de gain de force musculaire(88).

Un autre essai multicentrique randomisé et contrôlé montre que huit semaines d'entraînement avec bandes élastiques, à faible charge et à haute répétition, démontre que l'ER constitue une intervention efficace pour améliorer la capacité fonctionnelle et les paramètres musculaires des membres supérieurs et inférieurs chez des patients présentant une BPCO de stade modéré à sévère. Par contre aucune amélioration significative n'a été observée concernant l'endurance à l'effort. En outre, l'utilisation de bandes élastiques comme modalité de résistance offre plusieurs avantages cliniques et pratiques(89).

De plus, L'ER constitue une stratégie efficace pour le maintien, voire l'amélioration, de la densité minérale osseuse, un paramètre fréquemment altéré chez cette population, parmi laquelle environ 38 % présentent un diagnostic d'ostéoporose(90).

c. Entraînement par intervalles :

L'entraînement par intervalles est une alternative à l'entraînement d'endurance continue pour les personnes atteintes de maladies respiratoires chroniques ayant des difficultés à maintenir une intensité ou une durée élevée d'exercice en raison de leurs symptômes comme la dyspnée ou la fatigue(91,92). Il consiste à alterner des exercices de haute intensité avec des périodes de repos ou d'exercice à intensité réduite afin d'atténuer les symptômes tout en conservant les effets bénéfiques de l'entraînement d'endurance continu(93).

Plusieurs études démontrent que l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) améliore significativement la condition cardiorespiratoire et la capacité d'exercice chez les patients atteints de BPCO, avec des bénéfices comparables à ceux de l'entraînement continu en termes d'amélioration de la tolérance à l'effort(94–96).

Wang et al., révèle que le HIIT constitue une alternative à la fois faisable et efficace à l'entraînement continu d'intensité modérée dans le cadre de la réhabilitation pulmonaire des patients atteints de BPCO qui améliore significativement non seulement des paramètres cardiorespiratoires clés, mais également la qualité de vie(97).

d. Entraînement des membres supérieurs :

De nombreuses activités quotidiennes posant des difficultés aux personnes atteintes de maladies respiratoires chroniques impliquent l'utilisation des membres supérieurs, telles que l'habillage, la toilette, les courses et diverses tâches domestiques pour cette raison, l'entraînement des membres supérieurs est généralement intégré aux programmes d'exercices(13). Les exercices ciblant les membres supérieurs incluent des entraînements aérobique, tels que l'utilisation d'un ergomètre à bras, ainsi que des exercices de renforcement musculaire utilisant des poids libres et des bandes élastiques de résistance sollicitant les principaux groupes musculaires du membre supérieure dont les biceps, les triceps, les deltoïdes, le grand dorsal et les muscles pectoraux. Toutefois, l'impact de cet entraînement sur la dyspnée et la qualité de vie liée reste incertain, une amélioration significative de la capacité et de l'endurance à l'exercice des membres supérieurs est prouvée et peut influencer la capacité des patients à réaliser leurs activités quotidiennes(98).

e. Entraînement des muscles respiratoires :

Les exercices de respiratoire sont défini comme toute technique respiratoire permettant d'approfondir l'inspiration ou l'expiration, ou de modifier la fréquence, le schéma ou le rythme de la respiration. Parmi les exemples courants d'exercices respiratoires figurent l'entraînement des muscles inspiratoires (EMI), l'entraînement des muscles expiratoires (EME), la respiration diaphragmatique (RD), ainsi que les exercices combinés. Ces exercices peuvent être réalisés avec ou sans dispositifs externes, aussi bien pendant l'exercice qu'au repos(99).

Les bienfaits de l'entraînement des muscles respiratoires, en particulier de l'entraînement des muscles inspiratoires (EMI) ont été prouvés par une amélioration de la capacité fonctionnelle et une optimisation de la fonction pulmonaire(100–102). N Charususin et al., ont démontré que les patients bénéficiant de l'EMI ont obtenu des améliorations significatives sur plusieurs plans notamment une augmentation de la force des muscles respiratoires, une amélioration significative de l'endurance à l'effort, ainsi qu'une réduction des symptômes de dyspnée évalués à temps isochrone lors d'un test d'effort sur cycloergomètre(103).

Une autre étude portant sur la respiration diaphragmatique avec et sans respiration à lèvres pincées comme technique d'entraînement a montré que ces deux techniques amélioraient les volumes de la paroi thoracique et l'oxygénation, tout en réduisant la fréquence respiratoire, ce qui permettait un meilleur volume pour l'hématose sans augmenter la dyspnée. L'ajout de la

respiration à lèvres pincées à la respiration diaphragmatique a entraîné des changements plus importants dans les paramètres respiratoires(104).

Actuellement, l'approche la plus courante pour l'entraînement des muscles respiratoires repose principalement sur l'utilisation de dispositifs de respiration résistifs ou à seuil, tels que le Threshold IMT®, le PowerBreathe®, et FeelBreathe®, qui sont intéressants en raison de leur facilité d'utilisation et de leurs bons résultats en termes d'entraînement des muscles inspiratoires afin d'optimiser la respiration lors d'un effort physique. Le FeelBreathe® en particulier est un appareil nasal qui favorise une respiration plus naturelle y compris pendant l'effort physique(105).

f. Equilibre et souplesse :

Bien que les premiers protocoles de recherche sur la RR n'incluent pas implicitement d'entraînement spécifique à l'équilibre ni de stratégies formalisées de prévention des chutes, ces éléments sont d'une importance particulière pour les patients atteints de BPCO(106). En effet, ces patients présentent une altération de l'équilibre postural susceptible d'avoir des répercussions fonctionnelles.(107).

Un essai contrôlé randomisé mené auprès de patients souffrant de BPCO et présentant un risque de chutes a montré que l'ajout d'un entraînement à l'équilibre est bien toléré et améliore la performance de l'équilibre, la fonction physique auto-déclarée ainsi que la force musculaire des membres inférieurs(108).

De même, l'entraînement ciblant la mobilité thoracique et la posture, intégrant des exercices d'étirement du haut et du bas du corps réalisés deux à trois fois par semaine, démontre une efficacité significative dans l'amélioration de la capacité d'exercice et la respiration(109).

g. Stimulation électrique neuromusculaire (NMES) :

La stimulation électrique neuromusculaire transcutanée (NMES) des muscles squelettiques est une technique de réadaptation alternative qui permet d'entraîner des muscles ciblés en provoquant leur contraction. La NMES est apparue comme une intervention prometteuse pour contrer la dysfonction musculaire des membres notamment du quadriceps afin d'améliorer les résultats fonctionnels des patients (110). En stimulant directement la contraction musculaire, la NMES peut renforcer la masse et la force musculaires, limiter le déconditionnement physique et, par conséquent, augmenter l'activité physique quotidienne ainsi que la tolérance à l'effort, notamment en réduisant la dyspnée (111,112). La NMES a démontré son efficacité en prise en charge précoce en réanimation, en contribuant à la prévention de la faiblesse musculaire acquise et à l'amélioration des résultats fonctionnels, notamment par la réduction de la durée de ventilation, du séjour en réanimation et de l'hospitalisation totale(113).

Une étude contrôlée randomisée récente a été conduite auprès de patients présentant une BPCO modérée à sévère, afin d'évaluer l'efficacité comparée d'un entraînement physique par électrostimulation neuromusculaire associé à une réhabilitation pulmonaire comparativement à un entraînement musculaire fonctionnel conventionnel. Les résultats ont démontré que l'intervention combinée NMES-RP induisait des améliorations significativement plus marquées

sur les paramètres de fonction respiratoire, les paramètres des gaz sanguins artériels ainsi que sur la qualité de vie. Ce protocole s'est également révélé efficace pour soulager l'anxiété et la dépression chez ces patients(114).

Un autre essai suggère également que le maintien de la NMES, même en cas d'exacerbations aiguës légères à modérées survenant au cours d'un programme de réhabilitation pulmonaire, pourrait représenter une stratégie thérapeutique pertinente pour prévenir la dysfonction musculaire périphérique induite par les exacerbations et optimiser les bénéfices de la PR. La NMES à haute fréquence apparaît comme la modalité d'entraînement musculaire la plus appropriée(115).

Malgré son intérêt théorique et clinique, l'efficacité de la NMES chez les patients atteints de BPCO reste sujette à controverse. Plusieurs méta-analyses ont abouti à des conclusions contradictoires, principalement en raison de facteurs méthodologiques variés(116). Parmi les variables susceptibles d'influencer ces résultats, on cite en particulier l'hétérogénéité des populations étudiées, qui inclut aussi bien des formes cliniquement stables, allant des stades légers à modérés, que des formes sévères, dont des patients en état critique nécessitant une ventilation mécanique et/ou une prise en charge en unité de soins intensifs à la suite d'exacerbations. De plus, la diversité des critères d'évaluation tels que la force musculaire et la capacité d'exercice ainsi que les différences entre les protocoles de NMES (notamment la fréquence, la durée, l'intensité et les groupes comparateurs), contribuent également à la variabilité des résultats observés (116).

h. Exercice par vibration à corps entier (WBVT) :

L'entraînement par vibration de tout le corps (whole body vibration training, WBVT) est l'une des modalités thérapeutiques de la réadaptation pulmonaire visant à améliorer la performance neuromusculaire des patients présentant un dysfonctionnement neuromusculaire. Cette technique repose sur une stimulation externe sous forme d'oscillations vibratoires, généralement en position debout sur une plateforme vibrante. Lorsque la fréquence de vibration atteint un certain seuil, un stimulus d'étirement déclenche un réflexe myotatique, entraînant une contraction musculaire involontaire qui permet de stimuler et de renforcer des muscles ciblés (117).

Plusieurs études ont évalué l'efficacité du WBVT chez les patients atteints de BPCO. Une revue systématique et méta-analyse a montré que cette méthode améliore la capacité à l'exercice sans entraîner d'effets indésirables significatifs(118). Une autre revue systématique a confirmé ses bénéfices sur la capacité fonctionnelle à l'effort, bien que ses effets sur la fonction pulmonaire et la qualité de vie restent limités (119)

Des recherches complémentaires, comme celles de Gloeckl et al., ont démontré que le WBVT améliore l'équilibre et la performance neuromusculaire chez les patients BPCO comparativement aux techniques conventionnelles de rééducation d'équilibre (120). Un essai contrôlé randomisé récent mené par ces mêmes auteurs confirme ces résultats, montrant que le WBVT permet non seulement d'optimiser l'équilibre postural, mais également de renforcer la puissance musculaire.

L'adaptation neuromusculaire liée à l'amélioration de l'équilibre constitue un mécanisme clé dans le gain de capacité à l'effort observé après le WBVT, en particulier chez les patients atteints de BPCO présentant à la fois des troubles de l'équilibre et une faible endurance à l'exercice (121).

i. Autres composantes de la réhabilitation respiratoire :

Mesures diététiques :

La prise en charge nutritionnelle constitue une approche efficace, mais souvent négligée, dans la prise en charge de la BPCO en complément à la réhabilitation pulmonaire(122).

Plusieurs études récentes apportent des éléments solides de l'efficacité d'une supplémentation nutritionnelle chez les patients atteints de BPCO stable en ambulatoire. Une optimisation de l'apport protéino-énergétique, notamment par le biais de compléments nutritionnels oraux (CNO), montre des bénéfices cliniquement significatifs(70,123).

Sur la base de preuves limitées, une méta-analyse suggère qu'une consommation élevée en énergie et/ou en protéines améliore les paramètres anthropométriques et la force de préhension chez les patients atteints de BPCO. En revanche, les interventions nutritionnelles n'ont montré aucun bénéfice en termes de masse maigre (124).

Toutefois, des essais contrôlés randomisés ont prouvé que la supplémentation nutritionnelle orale (SNO) permet une augmentation significative du poids corporel et des performances à l'exercice, ces résultats suggèrent que le soutien nutritionnel joue un rôle au-delà du simple traitement de la malnutrition, en optimisant la réponse aux traitements et en maximisant les effets de la réadaptation pulmonaire(125,126).

Sevrage tabagique :

En dépit du fait que l'entraînement physique supervisé soit considéré comme la pierre angulaire d'une réadaptation pulmonaire efficace. Des stratégies thérapeutiques adjuvantes incluant notamment les protocoles de sevrage tabagique, peuvent contribuer à la prise en charge(127).

Une vaste cohorte observationnelle prospective a identifié le tabagisme actif lors de l'inclusion comme unique facteur de risque indépendant prédictif d'abandon du programme de réadaptation pulmonaire , soulignant l'impérative nécessité d'incorporer des stratégies de sevrage dans les stratégies d'intervention(128).

Même si plusieurs effets positifs de la réadaptation pulmonaire (RP) soient bien connus chez les patients atteints de BPCO, les résultats de la RP chez les patients fumeurs atteints de BPCO demeurent incertains. Une cohorte récente a prouvé que les patients atteints de BPCO fumeurs tirent au moins autant de bénéfices du programme de RP que les patients non-fumeurs. De plus, la dépendance à la nicotine ainsi que la consommation de cigarettes diminuent chez les patients fumeurs(129).

L'arrêt du tabac constitue l'intervention thérapeutique fondamentale, indiquée de manière impérative à tous les stades de la maladie. Les données scientifiques démontrent que le sevrage tabagique entraîne des bénéfices cliniques majeurs notamment une réduction significative du

déclin de la fonction pulmonaire, une amélioration des scores symptomatiques, une diminution du risque des exacerbations, une Amélioration de la capacité à l'effort, et réduction de la mortalité globale(130).

Les recommandations internationales soulignent clairement l'importance d'intégrer des interventions structurées de sevrage tabagique dans le parcours de soins de tout patient atteint de BPCO. Cette recommandation s'appuie sur des données scientifiques robustes démontrant que l'accompagnement spécialisé au sevrage tabagique améliore significativement le pronostic de la maladie(131).

Education thérapeutique :

Malgré que les bénéfices de l'exercice physique soient bien documentés dans la littérature, la dimension éducative des programmes de réhabilitation respiratoire reste insuffisamment explorée. L'éducation thérapeutique des patients sur leurs symptômes et la gestion de leur maladie semble logique et potentiellement bénéfique pour l'amélioration de leur état de santé(132).

Des revus systémiques mettent en évidence la diversité des approches mises en œuvre pour améliorer l'orientation et l'adhésion à la RP. Bien que certains résultats positifs aient été rapportés, les données généralisables restent limitées en raison de l'hétérogénéité des interventions, des méthodes utilisées et du manque de descriptions détaillées des populations étudiées.(133,134).

Une étude menée par Collinsworth et al., à évaluer la faisabilité d'un programme pilote pragmatique d'éducation aux soins chroniques chez les BPCO (Chronic Care COPD, CCC), animé par des thérapeutes respiratoires diplômés, ainsi qu'à déterminer son impact sur les réadmissions hospitalières, l'activation du patient et son état de santé global. Les résultats ont démontré la faisabilité du programme, malgré que les patients du groupe d'intervention aient rapporté une amélioration subjective de leurs symptômes, ceux-ci ont été réadmis plus précocement que les témoins, sans réduction significative du taux global de réadmissions. Ces résultats suggèrent que des interventions plus intégrées et multidimensionnelles sont probablement nécessaires pour améliorer durablement les résultats cliniques(135).

Burkow et al., ont réalisé également une étude pilote qui suggère que la mise en œuvre d'un programme complet de réhabilitation pulmonaire à domicile, en groupes virtuels, est potentiellement réalisable chez des patients atteints de BPCO. Le mode de délivrance ainsi que les composantes du programme ont été jugés acceptables par des patients présentant des niveaux de sévérité variés. Néanmoins, les effets sur les résultats cliniques demeurent incertains, soulignant la nécessité d'évaluations complémentaires pour établir l'efficacité de cette modalité d'intervention(136).

Cependant, de nombreuses études soulignent l'importance de l'éducation thérapeutique à l'utilisation des dispositifs d'inhalation, qui permet de réduire significativement les erreurs d'administration et d'améliorer la qualité de vie des patients. En effet, une mauvaise utilisation des inhalateurs est fréquemment observée et constitue l'un des principaux facteurs d'inefficacité

du traitement, entraînant une augmentation du nombre d'exacerbations et une prolongation des hospitalisations. Ces éléments renforcent la nécessité d'intégrer et de systématiser l'éducation thérapeutique dans la prise en charge des patients atteints de BPCO(137–139).

Prise en charge psychologique :

La dimension psychologique de la réhabilitation pulmonaire pourrait être déterminante dans son efficacité, et son renforcement mérite une attention particulière de la part des professionnels de santé(140).

La BPCO engendre des répercussions sociales et psychologiques qui s'étendent bien au-delà des atteintes physiques. Les patients atteints de BPCO présentent fréquemment des troubles anxiodépressifs, une altération de leur capacité à exercer une activité professionnelle, des difficultés dans leur vie intime, ainsi qu'une réduction significative de leurs interactions sociales. Ces répercussions psychologiques et sociales s'ajoutent aux symptômes respiratoires, dans lesquels la perception subjective de la dyspnée et le niveau de handicap jouent un rôle déterminant dans la qualité de vie(141).

Une revue systématique et une méta-analyse sur l'efficacité des interventions psychologiques pour l'anxiété et la dépression chez les patients atteints de BPCO rapportent qu'il existe un potentiel pour ces interventions à réduire l'anxiété et la dépression chez les personnes souffrant de BPCO. Des approches comme la thérapie cognitivo-comportementale (TCC) pourraient aider les patients atteints de BPCO à alléger leur fardeau psychologique(142).

Heslop et al., ont mené un essai contrôlé sur la thérapie cognitivo-comportementale chez les patients atteints de BPCO, indiquent qu'une intervention brève lorsqu'elle est dispensée par des infirmiers expérimentés en pneumologie, était cliniquement efficace pour réduire les symptômes d'anxiété et s'avérait rentable. Les coûts ont été réduits par une utilisation plus faible des ressources, avec moins de réadmissions hospitalières et une diminution des visites aux services d'urgence(143).

Le soutien social constitue une composante fondamentale de la prise en charge psychologique des patients. Il désigne l'ensemble des ressources psychologiques et matérielles mises à disposition par l'entourage ou le réseau social de l'individu, dans le but de renforcer sa capacité d'adaptation face à la maladie. Même si les effets bénéfiques des interactions sociales sur la santé sont largement établis, les modalités les plus efficaces demeurent à préciser selon les profils des patients. Toutefois, le renforcement du soutien social dans les interventions d'autogestion peut être facilité par divers moyens, notamment l'organisation de séances de groupe, l'implication des proches ou des aidants, ainsi que la mise en place d'un accompagnement structuré par un case manager(144)

L Turnier et al., ont montré qu'un soutien social accru est significativement associé à une réduction des symptômes dépressifs, lesquels sont eux-mêmes liés à de meilleurs résultats cliniques chez les patients atteints de BPCO(145).

D. Activités et programmes adaptés

Malgré les preuves substantielles des bienfaits de la réhabilitation pulmonaire, l'accès aux programmes conventionnels en centre demeure limité, en raison de divers obstacles tels que le coût, les contraintes de transport, le manque d'information, ou encore la présence de comorbidités (17). Face à ces limitations, des approches innovantes sont actuellement explorées afin de renforcer l'engagement et l'adhésion des patients atteints de BPCO. Parmi ces alternatives figurent le Tai Chi (146), le Yoga(22), la danse (23), l'exercice en milieu aquatique (Thérapie aquatique)(147), ainsi que les programmes d'exercice à domicile (148). Ces interventions visent à proposer des options individualisées, mieux adaptées aux besoins spécifiques des patients et de certaines cultures, dans le but de favoriser la participation active à la réhabilitation(149,150).

a. Tai-Chi :

Le Tai Chi est une pratique corps-esprit issue des arts martiaux chinois anciens. Il est aujourd'hui reconnu comme une pratique bénéfique pour la santé et largement répandue. Il existe cinq styles principaux, dont le style Yang simplifié en 24 mouvements, le plus populaire, chaque style comprend différentes postures, pratiquées selon un enchaînement spécifique(151). Quel que soit le style enseigné, le Tai Chi se caractérise toujours par une série de mouvements lents, doux et à faible impact, combinant le contrôle de la respiration, la concentration mentale et l'activité physique(151).

D'une intensité physique légère à modérée, le Tai Chi est particulièrement intéressant pour les patients atteints des maladies respiratoires chroniques telles que la BPCO. Herloheti et al ., ont révélé dans une revue systématique que le Tai Chi était une modalité thérapeutique efficace pour les patients atteints de BPCO en contribuant à l'amélioration de la tolérance à l'effort ainsi qu'à l'optimisation de la qualité de vie (152).

De même, une méta-analyse récente réalisée par Wehner et al., a mis en évidence les effets bénéfiques du Tai Chi sur plusieurs paramètres physiologiques. Les résultats indiquent une évolution notable de la force de préhension, des capacités fonctionnelles et de l'équilibre postural, ainsi que de la flexibilité de la colonne thoraco-lombaire chez les participants ayant suivi un programme d'entraînement au Tai Chi (153).

Luo et al., ont par ailleurs démontré que l'intervention par le Tai Chi était globalement bien tolérée par les patients. Chez ceux présentant une BPCO modérée à sévère, l'intégration régulière du Tai Chi au protocole thérapeutique permettrait non seulement une amélioration significative de la qualité de vie liée à la santé, mais également une diminution du taux d'exacerbations en comparaison avec le traitement conventionnel seul(154).

Le Tai Chi constitue une modalité thérapeutique particulièrement accessible, notamment pour les populations gériatriques de certaines cultures (sud-est asiatique...). Son faible coût ainsi que sa flexibilité d'implémentation, que ce soit en groupe ou de manière autonome à domicile, en font une intervention réalisable à grande échelle et sur le long terme. Ces caractéristiques positionnent le Tai Chi comme une stratégie prometteuse pour la promotion de l'activité physique,

pouvant servir d'alternative à la réhabilitation pulmonaire conventionnelle, tout en offrant une option thérapeutique plus pratique et mieux adaptée aux besoins des patients(21,155–157).

b. Yoga :

Le yoga, est système d'entraînement physique et mental issu de la tradition indienne et qui s'est largement généralisé dans la culture occidentale durant les dernière décennies(158). Il représente une pratique holistique qui combine des postures corporelles, des techniques de régulation de la respiration et des exercices de concentration. En tant qu'alternative à l'exercice physique conventionnel, il repose sur l'interaction entre le corps et l'esprit, visant à réduire le stress et à améliorer la gestion de la respiration(159).

H Cramer et al., ont mis en évidence les effets positifs du yoga sur la qualité de vie ainsi que sur les paramètres fonctionnels physiques. Les interventions basées sur le yoga, qu'elles soient complexes ou centrées sur les techniques respiratoires, se sont avérées efficaces pour améliorer la capacité fonctionnelle à l'effort. Les interventions basées sur la respiration ont démontré une efficacité supplémentaire remarquable en réduisant la dyspnée et en augmentant le volume expiratoire forcé prédit (160).

De plus, Raj et al., ont mené dans un essai contrôlé randomisé qui a démontré que l'intégration du yoga, en tant qu'intervention non pharmacologique structurée, entraîne des améliorations des paramètres spirométriques et une diminution des biomarqueurs inflammatoires, réduisant ainsi l'inflammation et le risque d'exacerbations aiguës. Cette pratique s'accompagne également d'une augmentation de la tolérance à l'effort ainsi qu'une amélioration considérable des scores de qualité de vie dans la population BPCO (22). Ces résultats ont été reproduits par plusieurs études qui mettent en évidence les bienfaits des exercices traditionnels de l'esprit et du corps confirmant ainsi la solidité des données et soutient la généralisation des conclusions avancées(161–163).

Chez les patients atteints de BPCO, les limitations à l'effort, la dyspnée et l'expiration prolongée ont suscité un intérêt particulier pour l'intégration du yoga, et plus notamment du pranayama, une technique de respiration profonde et lente qui met l'accent sur l'expiration, s'avérant ainsi particulièrement adaptée à cette population. Une étude randomisée réalisée par Ranjita et al., a démontré que cette pratique réduit la dyspnée, la fatigue et la fréquence cardiaque, tout en améliorant les performances fonctionnelles ainsi que la saturation périphérique en oxygène(164).

Prasad et al., ont également révélé que la pratique régulière du yoga, combinant postures et techniques de respiration contrôlée pranayama en tant que thérapie complémentaire au traitement pharmacologique standard et aux programmes de RP entraîne une amélioration significative de la fonction pulmonaire chez les patients atteints de BPCO. Cette approche favorise l'optimisation des paramètres spirométriques, l'amélioration du schéma respiratoire, ainsi qu'une réduction du poids corporel et de l'indice de masse corporelle (IMC), contribuant globalement à une meilleure condition physique et respiratoire(165).

Le yoga peut être réalisé dans une grande variété de contextes aussi bien en milieu communautaire qu'à domicile. Sa flexibilité permet une adaptation aisée aux différents contextes

thérapeutiques, notamment dans le cadre de la télé-réhabilitation, facilitant et renforçant ainsi son accessibilité pour les patients. Dans ce cadre, une étude pilote initiée par Malik et al., a comparé l'effet de la télé-yoga thérapie (T-YT) à celui de la télé-réhabilitation pulmonaire (T-PR), en complément du traitement standard chez les patients atteints de BPCO. Les résultats ont révélé que la télé-thérapie par le yoga (T-YT) exerce des effets positifs chez les patients atteints de BPCO, en améliorant la tolérance à l'effort, en réduisant les symptômes cliniques ainsi que les troubles anxiodépressifs. Elle apparaît ainsi comme une alternative crédible à la télé-réhabilitation pulmonaire (T-PR) (166).

c. La danse / Thérapie par musique :

La danse est une activité émergente alignée avec les valeurs, les expériences passées et les contextes culturels, qui s'est avérée bénéfique pour les adultes âgés (24,167). Les personnes à risque de chutes et celles atteintes de troubles neurologiques, dont la maladie de Parkinson et les AVC (168). Ses effets incluent une amélioration des performances physiques, des fonctions motrices, de l'humeur et de l'engagement social, autant d'aspects particulièrement pertinents pour les personnes atteintes de maladies respiratoires chroniques (MRC) tel que la BPCO (169).

Les études de faisabilité ont démontré que la mise en œuvre d'interventions basées sur la danse est réalisable chez les personnes atteintes de MRC (23,170). L'étude "Let's Boogie" qui a été menée à Toronto par Philip et al., a démontré que des cours de danse réguliers étaient faisables et des améliorations de la tolérance à l'exercice, de l'équilibre, de la confiance en l'équilibre et de l'état de santé ont été observées, mais elles n'ont pas atteint une signification clinique(23). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour explorer leur utilité dans le cadre de la réadaptation physique.

La musicothérapie est également utilisée dans la gestion des symptômes de la BPCO en incluant diverses techniques, telles que le chant, l'écoute musicale et la pratique instrumentale. Cette approche thérapeutique contribue à l'activation des muscles inspiratoires, à l'amélioration de la respiration profonde contribuant ainsi à l'amélioration de la fonction pulmonaire et de l'endurance physique, tout en participant à la réduction de l'anxiété, de la dyspnée et à l'optimisation du contrôle respiratoire(171,172).

Un essai contrôlé randomisé mené par M. Kaasgaard et al., a constaté que le programme Singing for Lung Health (SLH) induit des améliorations physiologiques et psychologiques positives et cliniquement pertinentes. De plus, le SLH s'est révélé non inférieur à l'exercice physique traditionnel pour l'amélioration de la capacité d'exercice (173).

La musique et la danse sont de plus en plus intégrées comme interventions artistiques complémentaires dans les systèmes de santé des pays à revenu élevé, avec un corpus croissant de recherches mettant en évidence leurs effets bénéfiques sur les plans biologique, psychologique et social. En raison de leur caractère peu coûteux, de leurs faibles exigences logistiques, et de leur qualité engageante ces interventions présentent un potentiel d'applicabilité dans des contextes à ressources limitées. Toutefois, les données concernant la perception de ces approches par les patients et les professionnels de santé restent limitées (174,175).

a. Thérapie aquatique (water-based exercise) :

L'entraînement physique conventionnel constitue la stratégie de réadaptation la plus couramment recommandée pour les patients atteints de BPCO. Toutefois, la population généralement orientée vers la réhabilitation respiratoire est majoritairement âgée et présente fréquemment des comorbidités physiques telles que des troubles musculosquelettiques, des maladies cérébrovasculaires, de l'arthrose ou de l'obésité limitant leur capacité à participer à ce type d'entraînement. L'exercice en milieu aquatique émerge comme une alternative thérapeutique pertinente, présentant une efficacité comparable, voire supérieure, à celle de l'exercice sur terre pour le maintien et l'amélioration des capacités fonctionnelles dans cette population(176,177).

Cette modalité est reconnue pour ses propriétés thérapeutiques, notamment en raison des caractéristiques physiques de l'eau (résistance, poussé d'Archimède, pression hydrostatique...) qui facilitent la prise en charge des comorbidités musculosquelettiques en matière d'endurance des membres supérieurs, ainsi que de force et d'endurance musculaire des membres inférieurs(147,178). Ceci tout en diminuant les douleurs au niveau des membres porteurs (147,178).

L'immersion hydrique induit une pression hydrostatique qui comprime les parois thoraco-abdominales, provoquant un déplacement ascendant du diaphragme et une réduction corrélative de la capacité vitale (CV). Cette pression favorise également une augmentation de la pression intrapulmonaire, limitant l'obstruction des petites voies aériennes, ce qui réduit le volume résiduel et la rétention d'air (177). Ces modifications physiologiques contribuent à atténuer la dyspnée et à améliorer la tolérance à l'effort , la fonction pulmonaire, le renforcement des muscles respiratoires ainsi que la tolérance à l'exercice physique et la qualité de vie (179,180).

Une étude pilote menée par Charususin et al., a démontré les effets bénéfiques d'un programme d'exercice en milieu aquatique chez des patients atteints de BPCO, et suggère que cette modalité d'entraînement pourrait être intégrée aux programmes de réhabilitation respiratoire afin d'améliorer la capacité d'endurance à l'exercice ainsi que la force des muscles inspiratoires (181).

Gallo-Silva et al., ont également confirmé dans un essai contrôlé randomisé récent l'efficacité de l'entraînement aquatique en mettant en évidence des améliorations de la force des muscles respiratoires, de la mobilité thoracique, de la capacité fonctionnelle et de la perception de la dyspnée chez les patients atteints de BPCO. Ce qui suggère que l'intégration de cette approche dans les programmes de réadaptation respiratoire pourrait améliorer les gains fonctionnels et la qualité de vie des patients de manière accessible et adaptée (182).

d. Réhabilitation pulmonaire à domicile et Télé réhabilitation :

La pandémie de COVID-19 a exercé une pression supplémentaire sur les services de réadaptation pulmonaire, en élargissant la population éligible à ce moyen thérapeutique tout en compliquant sa mise en œuvre en raison des risques de transmission croisée. Dans ce contexte, l'intérêt pour la RP à domicile s'est accru, celle-ci étant perçue comme une stratégie prometteuse pour surmonter ces obstacles (183).

La RP à domicile s'est révélé être une alternative viable aux programmes conventionnels pour les patients atteints de BPCO, avec des bénéfices démontrés sur la tolérance à l'effort, la mobilité, la distance de marche, la qualité de vie, ainsi que sur la réduction des limitations fonctionnelles et des symptômes de la maladie, notamment la dyspnée (184,185).

Chuatrakoon et al., ont démontré l'efficacité d'un programme de réadaptation respiratoire combiné à des exercices d'équilibre, réalisé à domicile sur une période de huit semaines, chez des patients atteints de BPCO. Les résultats indiquent une amélioration des performances posturales, une réduction du risque de chutes ainsi qu'une atténuation de la dyspnée et une optimisation de la qualité de vie (20).

De même, Frei et al., ont mené un essai contrôlé randomisé multicentrique afin d'évaluer l'efficacité d'un programme d'entraînement physique à domicile à long terme (HOMEX) chez des patients atteints de BPCO ayant terminé une réadaptation respiratoire. Les résultats ont montré que ce programme de renforcement musculaire n'avait pas d'effet significatif sur la dyspnée après 12 mois. En revanche, une amélioration de la capacité fonctionnelle à l'effort a été observée. Le programme s'est avéré sûr et bien toléré, avec un taux d'adhésion élevé (70%), y compris chez des patients multimorbides et présentant une forme sévère de la maladie, tout au long de la période d'étude(186).

Toutefois, des études complémentaires restent nécessaires pour définir les modalités optimales de cette intervention, en vue d'en maximiser les bénéfices chez les patients atteints de BPCO.

En outre, L'émergence de plateformes virtuelles dédiées à la RR, accélérée par la pandémie de COVID-19, a ouvert de nouvelles perspectives (187). Une revue systématique menée par Mouvais Baigi et al a démontré qu'un programme de télé-réadaptation bien structuré pourrait, pour les patients atteints de BPCO, se substituer ou compléter les programmes traditionnels, tout en améliorant leur état de santé(188).

Une autre revue systématique menée par Dai et al., apporte des preuves supplémentaires en faveur de l'efficacité de la télé réhabilitation, en soulignant des effets cliniques bénéfiques à court terme, notamment une amélioration des performances dans les activités de la vie quotidienne ainsi qu'une réduction significative des troubles anxiodépressifs favorisant une amélioration globale de la qualité de vie(189). Les différentes approches de télé réhabilitation comprennent des séances d'exercices supervisées, l'utilisation de technologies multimédias, un suivi régulier par appels téléphoniques, ainsi que l'intervention d'un agent physiothérapeute virtuel autonome (VAPA). Ces méthodes permettent aux patients atteints de BPCO d'intégrer de manière efficace la réadaptation dans leur quotidien(189).

Sur le long terme, les programmes de télé réadaptation constituent une stratégie thérapeutique de maintien faisable et sûre pour les patients atteints BPCO(190). Les preuves cliniques indiquent une réduction significative du risque d'exacerbations aiguës, démontrant ainsi son efficacité dans la stabilisation de la maladie. Cette approche innovante permet non seulement de maintenir les

bénéfices cliniques acquis lors de la réadaptation initiale, mais aussi d'optimiser la prise en charge au long cours(191).

Davantage, l'intégration de technologies innovantes, telles que des applications mobiles et des plateformes de surveillance en ligne, pourrait renforcer l'efficacité des approches de réadaptation basées sur la télémédecine, rendant ces interventions plus accessibles et efficaces malgré les barrières géographiques ou fonctionnelles. Ces avancées technologiques élargissent ainsi l'accessibilité à la RR pour des patients qui, autrement, seraient limités dans leur capacité à participer à des programmes en présentiel(192,193).

Cette convergence entre nouveauté thérapeutique, personnalisation des soins et intégration technologique confère à la réadaptation pulmonaire un rôle central en tant qu'intervention à la fois efficiente et économiquement viable dans la prise en charge des maladies respiratoires chroniques.

e. Promotion de l'activité physique quotidienne :

Bien que les preuves concernant l'efficacité des interventions d'activité physique dans ce contexte demeurent limitées, tant l'entraînement physique que les programmes visant à encourager l'activité physique et à induire un changement comportemental vers un mode de vie plus actif doivent être considérés comme des éléments complémentaires essentiels de la réhabilitation pulmonaire(194). L'intégration de l'activité physique dans ce cadre permet d'agir directement sur le comportement sédentaire, et non seulement sur ses conséquences, contribuant ainsi à la réduction du risque d'exacerbations et d'hospitalisations chez les patients (195–197).

Cette approche est d'autant plus pertinente que les effets physiologiques de réhabilitation pulmonaire ont tendance à s'atténuer après la fin du programme, Cette atténuation pourrait s'expliquer par une faible adhérence aux programmes d'entretien recommandés, ou par l'apparition d'exacerbations et de comorbidités (198).

Garcia et al., ont démontré également que la mesure objective de l'activité physique quotidienne à l'aide d'un accéléromètre est un facteur pronostique indépendant de la mortalité et des hospitalisations dues à des exacerbations sévères chez les patients BPCO. L'évaluation de l'activité physique par accéléromètre sensible aux interventions thérapeutiques, apparaît comme un marqueur pertinent pour les essais cliniques, la réadaptation pulmonaire et l'autogestion de la BPCO, avec un potentiel d'amélioration du suivi et de la prise en charge personnalisée des patients(199).

Il est légitime d'émettre l'hypothèse qu'une augmentation de l'activité physique quotidienne, en tant qu'alternative aux programmes d'exercice de maintien, pourrait suffire à préserver les bénéfices acquis et à prévenir la perte des effets de l'entraînement après l'arrêt du programme(200).

E. Méthodes d'évaluation :

a. Evaluation de la dyspnée :

Chez les patients atteints de BPCO , la dyspnée constitue le symptôme le plus prévalent, et ce, avant, pendant et après la réhabilitation pulmonaire(76). Son évaluation rigoureuse est donc essentielle pour orienter les protocoles d'entraînement. Parmi les méthodes utilisées on a l'échelle visuelle analogue (VAS) qui présente un outil largement utilisé vue sa simplicité. Il est validé pour la mesure de dyspnée selon Mahler et Horowitz et al.,(201). C'est un outil hautement reproductible pendant l'exercice avec un coefficient de variation (CV) intra-sujet de 6% (allant de 2 à 10%) (3). Mais vue que c'est une échelle linéaire, la perception de dyspnée peut être mal estimée à des efforts minimes et reste marquée par une subjectivité certaines (203). Devant cette argumentation l'échelle de dyspnée Modified Medical Research Council (mMRC) est devenue un outil largement utilisé pour évaluer la sévérité de ce symptôme chez les patients atteints de maladies respiratoires chroniques (204). Il s'agit d'un test simple et rapide à appliquer avec une sensibilité de 87%, une spécificité de 77%, et un AUC de 90% en prenant pour référence l'item dyspnée d'un test plus lourd et plus complexe ; le saint George's respiratory questionnaire (SGRQ) (205). toutefois, cet outil demeure imparfait en raison de la subjectivité inhérente au symptôme, des limites en termes de précision, ainsi que de l'influence confondante des comorbidités(206).

Un autre instrument existe : l'échelle de Borg CR-10 modifiée qui offre une version simplifiée de l'échelle Borg. Elle est utilisée pour évaluer la perception de l'effort, de la dyspnée (essoufflement) ou de la fatigue pendant un exercice. La sensibilité de l'échelle Borg CR-10 est généralement élevée pour détecter les changements dans la perception de l'effort ou de la dyspnée pendant l'exercice(207). La spécificité de ce test est modérée car elle est influencée par des facteurs subjectifs tels que l'anxiété, la motivation ou la fatigue qui ne sont pas directement liés à la dyspnée ou à l'effort physique (208).

L'indice de Dyspnée de Base (BDI), est une échelle validée qui sert à évaluer la dyspnée à l'état initial pour observer les changements de la dyspnée par rapport à l'état de base (209). C'est un outil d'évaluation qui permet d'évaluer la gravité de la dyspnée administrée par un intervieweur à un moment donnée. Il fournit une mesure multidimensionnelle de la dyspnée basée sur trois composantes ; le niveau de handicap fonctionnel, l'amplitude de l'activité accomplie et l'amplitude de l'effort déclenchant la dyspnée (210).

L'Indice de Dyspnée Transitoire (TDI) vient compléter le score BDI en fournissant une évaluation des variations du handicap lié à la dyspnée, qu'il s'agisse d'une amélioration ou d'une détérioration(210).

b. Evaluation de la fonction respiratoire :

La spirométrie est le test de fonction pulmonaire le plus couramment utilisé. Elle est largement employée dans l'évaluation de la fonction respiratoire afin de fournir des données objectives contribuant au diagnostic des maladies pulmonaires et à la surveillance de la fonction pulmonaire (211). Elle mesure le volume maximal d'air qu'un individu peut inspirer et expirer avec un effort maximal. La valeur principale mesurée en spirométrie est soit le volume, soit le débit en fonction

du temps. Les mesures les plus pertinentes sont la CVF (capacité vitale forcée), qui correspond au volume expiré de manière aussi complète et vigoureuse que possible à partir d'une inspiration maximale, et le VEMS (volume expiratoire maximal par seconde), qui est le volume expiré au cours de la première seconde de la manœuvre de CVF. Ces normes s'appliquent également aux mesures du VEMS dans les tests de réactivité bronchique et lors des tests d'effort (211). Le rapport VEMS/CVF (également appelé coefficient de Tiffeneau) est utilisé pour diagnostiquer une obstruction bronchique, et la différencier d'une diminution du VEMS lié à un syndrome restrictif (212).

La spirométrie constitue un examen fonctionnel indispensable pour l'évaluation objective de la sévérité de l'obstruction bronchique, permettant ainsi d'orienter les décisions thérapeutiques et d'optimiser la planification des interventions, notamment dans le cadre des programmes de réhabilitation pulmonaire (213).

De plus, la capacité de diffusion du monoxyde de carbone (DLCO) est un paramètre physiologique clé évaluant l'efficacité des échanges gazeux alvéolo-capillaires. Elle reflète l'intégrité de la membrane alvéolo-capillaire, la surface d'échange disponible et le volume capillaire pulmonaire(214). Dans la BPCO, une réduction de la DLCO (<80% de la valeur théorique) signe typiquement une destruction emphysemateuse (diminution de la surface d'échange) et/ou une atteinte vasculaire (réduction du lit capillaire). Les valeurs inférieures à 60% sont associées à un pronostic plus sévère, incluant un risque accru d'hypoxémie, d'hypertension artérielle pulmonaire et de mortalité. La DLCO présente une corrélation modérée avec le VEMS, mais apporte une information complémentaire essentielle, elle explique notamment les dyspnées disproportionnées et les limitations à l'effort observées chez certains patients dont la spirométrie semble peu altérée(215). Sa mesure doit être standardisée (correction pour l'hémoglobine, exclusion du tabagisme récent) et interprétée en contexte clinique, idéalement en combinaison avec l'imagerie thoracique. En recherche, la DLCO sert comme facteur pronostique de survenu d'exacerbations sévères(216) , tandis qu'en pratique, elle guide les décisions thérapeutiques (oxygénothérapie, réhabilitation respiratoire personnalisée).

c. Evaluation de la qualité de vie :

Le questionnaire respiratoire de St George (SGRQ) représente l'une des principales évaluations de la qualité de vie chez les patients atteints de pathologies pulmonaires (217). Cet instrument validé, spécifiquement conçu pour les maladies respiratoires, a pour objectif de mesurer l'impact des troubles respiratoires sur la santé globale, les activités quotidiennes et le bien-être perçu des patients. Il s'agit d'un questionnaire standardisé auto administré (218), élaboré pour évaluer l'altération de la santé et la qualité de vie des individus souffrant de maladies des voies respiratoires (219). De plus, son application autorise une analyse comparative de l'état de santé entre diverses populations de patients. Il permet également de quantifier les changements cliniques en réponse à une intervention thérapeutique (220). Le SGRQ englobe 76 items divisées en trois sections. La première section portant sur les symptômes respiratoires, leur fréquence et leur sévérité. La deuxième c'est les activités provoquant ou limitées par la dyspnée et la dernière sections a concerné les impacts qui englobe divers aspects liés au fonctionnement social et aux

troubles psychologiques résultant d'une pathologie des voies respiratoires (217). Ceci lui rend difficile à appliquer dans les consultations de routine car cela exigera du temps.

De même le SF36 est un questionnaire sensible pour évaluer la qualité de vie liée à la santé(221). C'est un outil validé pour évaluer la qualité de vie chez les patients atteints de BPCO(222). Le SF36 englobe huit dimensions : le fonctionnement physique, les limitations fonctionnelles dues à des problèmes physiques, les limitations fonctionnelles causées par des troubles émotionnels, la vitalité (énergie/fatigue), le bien-être émotionnel, le fonctionnement social, la douleur corporelle et la perception de la santé générale et mentale (223). Les deux instruments, le SF-36 et le SGRQ, partagent la particularité d'être des questionnaires de longue durée, ce qui peut soulever des questions quant à leur faisabilité ou leur charge pour le répondant.

C'est pour cela que le CAT (COPD assesement test) conçu pour évaluer l'impact des symptômes de la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) sur la qualité de vie des patients est souvent favorisé. Cet outil permet d'apprécier la gravité de la maladie, de suivre son évolution au fil du temps et de prédire les risques d'exacerbations. Le CAT est souvent utilisé pour guider les décisions cliniques et à ajuster les traitements thérapeutiques(8,224). Il repose sur une série de questions portant sur les symptômes respiratoires tels que la toux, l'expectoration et la capacité du patient à réaliser ses activités quotidiennes. Il se compose de huit items. Chaque item est noté de 0 à 5 pour un score total variant de 0 à 40.

d. Evaluation de l'endurance :

Le test de marche 6min (TM6) est utilisé pour évaluer la capacité fonctionnelle en mesurant la distance de marche parcourue par le patient sur un terrain plat pendant 6min à une vitesse libre, et constitue un outil fréquemment employé pour mesurer la tolérance à l'effort chez les patients atteints de pathologies cardiovasculaires. Une distance de marche plus courte a été confirmée comme étant associée à une mortalité plus élevée chez les patients atteints de BPCO. Cote et al., ont estimé le risque de décès en fonction des variations de la distance parcourue au TM6 et ont démontré que celui-ci est un meilleur prédicteur de la mortalité que le VEMS, l'IMC ou les comorbidités associées (225).

Le test de marche en navette incrémental (Incrémental Shuttle Walking test) est considéré comme un outil valide et fiable pour évaluer la capacité maximale à l'exercice chez les individus atteints de maladies respiratoires chroniques. Il consiste à évaluer la tolérance à l'effort en déterminant la vitesse maximale atteinte par le patient, qui doit suivre des signaux sonores indiquant une augmentation progressive de la vitesse de marche (226). De plus le test de marche navette d'endurance (Endurance Shuttle Walking Test, ESWT) a été développé comme complément au test incrémental (ISWT). En tant que test d'effort de terrain, il vise à évaluer de manière sensible la capacité d'endurance et à détecter les changements fonctionnels chez les patients atteints de maladies respiratoires chroniques (227). Selon Revil et al., ce test est simple à administrer, bien accepté par les patients et présente une bonne reproductibilité après une séance d'entraînement. Il a montré une amélioration significative après un programme de réhabilitation et s'est révélé

plus sensible aux modifications cliniques que les tests de terrain évaluant la capacité maximale à l'exercice (227,228).

En addition le test de lever de chaise en 1 min (1min Sit to stand test) est un instrument scientifiquement validé et facile à utiliser qui a été développés récemment comme un test de terrain facile à utiliser permettant d'évaluer la tolérance à l'exercice et la force musculaires des membres inférieures chez les patients atteints de BPCO (229,230).

e. Evaluation des troubles de l'équilibre :

Le test de Tinetti ou Tinetti Performance Oriented Mobility Assessment (POMA), est un outil d'évaluation clinique validé permettant de mesurer l'équilibre et la marche chez les personnes âgées, afin de prédire le risque de chute. Il se compose de deux sous-échelles, l'une portant sur l'équilibre (16 points) et l'autre sur la marche (12 points). Le score total maximal est de 28 points. Un score inférieur ou égal à 18 indique un risque élevé de chute, entre 19 et 23 un risque modéré, et supérieur ou égal à 24 un risque faible. Ce test est largement utilisé en gériatrie pour sa simplicité, de sa rapidité d'exécution et de sa pertinence clinique dans la prévention des chutes(231).

Le Timed Up and Go (TUG) est recommandé par le centre de contrôle et de prévention des maladies des États-Unis (Center for Disease Control and Prevention) comme étant un test clinique facile à appliquer. Il est validé pour évaluer le risque de chute chez les personnes âgées (232), sa rapidité d'exécution et le peu de matériel nécessaire a le réalisé le font un outil pratique tant en milieu clinique qu'en contexte de recherche pour évaluer la fonction physique et suivre les progrès de la rééducation chez les patients atteints de BPCO. Mesquita et al. ont rapporté qu'un temps au test TUG de 11,2 secondes présente une bonne sensibilité de (0,75) et une spécificité élevée de (0,83) pour l'identification des patients dont la distance parcourue au test de marche de six minutes est inférieure à 350 mètres (233).

f. Evaluation de la sévérité et du pronostic :

La classification GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) constitue un système standardisé d'évaluation et de stratification de la Bronchopneumopathie Chronique Obstructive (BPCO). La version 2023 de cette classification repose sur une approche pronostique multidimensionnelle qui intègre plusieurs composantes essentielles en premier c'est l'évaluation de la sévérité de l'obstruction bronchique. Cette échelle est basée d'abord sur le VEMS mesuré après administration d'un bronchodilatateur, exprimé en pourcentage de la valeur théorique prédite GOLD 1 (Obstruction légère) : $VEMS \geq 80\%$, GOLD 2 (Obstruction modérée) : $50\% \leq VEMS < 80\%$, GOLD 3 (Obstruction sévère) : $30\% \leq VEMS < 50\%$, GOLD 4 (Obstruction très sévère) : $VEMS < 30\%$ (234). Elle est deuxièmement basée sur l'évaluation de la symptomatologie ; Elle est appréciée à l'aide d'échelles validées telles que le score mMRC ou le questionnaire CAT. Un impact symptomatique significatif est généralement défini par un score mMRC ≥ 2 ou un score CAT ≥ 10 . Ensuite l'évaluation du risque d'exacerbations : Ce risque est stratifié en fonction de l'historique des exacerbations au cours de l'année précédente faible risque si ≤ 1 exacerbation modérée n'ayant pas conduit à une hospitalisation. Haut risque si ≥ 2 exacerbations modérées ou ≥ 1

exacerbation sévère (ayant nécessité une hospitalisation)(234). La classification combinée (Groupes A, B, E) : Enfin, ces différents éléments (symptomatologie et risque d'exacerbations, indépendamment du stade spirométrique GOLD 1-4 qui reste une mesure de la sévérité de l'obstruction) sont intégrés pour classer les patients dans les groupes A, B, ou E. Cette classification combinée guide la stratégie thérapeutique initiale et son adaptation(235). C'est un bon prédicteur de mortalité selon Cheng et al. (236). Le risque d'hospitalisation au cours de la première année de suivi était plus élevé dans le groupe E que dans les groupes A et B. La mortalité toutes causes confondues augmente progressivement du groupe GOLD A au groupe E (236).

Le score BODE (Body-mass index, Obstruction, Dyspnea, Exercise capacity) est un indice pronostique multidimensionnel validé qui permet d'évaluer la sévérité et le risque de mortalité dans la BPCO. Contrairement aux critères spirométriques isolés comme la classification GOLD, il intègre quatre paramètres cliniquement pertinents : l'IMC, le VEMS, la dyspnée et la distance au test de marche de 6 minutes. Chaque composante est cotée de 0 à 3 donnant un score total de 0 à 10 corrélé au pronostic vital. Un score ≤ 2 prédit une survie à 4 ans $>80\%$ alors qu'un score ≥ 7 est associé à une survie $<30\%$ validé par Celli et al., (237). Le BODE présente une meilleure valeur pronostique que le VEMS seul ce qui permet une stratification plus fine des patients notamment, pour orienter les décisions thérapeutiques (réhabilitation respiratoire, oxygénothérapie). Bien que sous-utilisé en routine clinique en raison de sa complexité relative, il reste un outil de référence en recherche et dans la prise en charge personnalisée des formes sévères de BPCO(235).

g. Evaluation de la force musculaire :

La force musculaire peut être classée en deux catégories : la force isométrique et la force isotonique. La force isométrique désigne la capacité d'un muscle à produire une tension maximale sans modification de sa longueur musculaire, phénomène caractéristique des contractions statiques. Elle joue un rôle fondamental dans le maintien de posture et la stabilisation articulaire. A l'inverse, la force isotonique se définit comme étant la capacité du muscle à générer une force au cours d'une contraction accompagnée d'un changement de longueur musculaire, incluant les phases concentrique et excentrique. Elle est indispensable à la réalisation des mouvements dynamiques requis dans les activités de la vie quotidienne et constitue un déterminant clé de la capacité motrice fonctionnelle. L'analyse parallèle de ces deux types de forces permet d'obtenir une compréhension plus complète des capacités fonctionnelles du patient et fournit une évaluation intégrative du profil fonctionnel du patient, ce qui permet l'élaboration de manière plus précise des stratégies et de protocoles de réhabilitation adaptées et personnalisées(91).

En matière de force isométrique, le Manual Muscle Testing (MMT) est un test basé sur une échelle de notation à cinq points allant de zéro, indiquant aucune contraction musculaire visible ou palpable, "grade 3" signifiant qu'un membre peut être déplacé contre la gravité sans résistance, et "grade 5" indiquant que le sujet peut contracter son muscle contre la résistance manuelle complète de l'évaluateur (238). Cette méthode est facile à appliquer cliniquement et ne nécessite aucun appareil externe tel qu'un dynamomètre, mais elle manque de précision, notamment chez les personnes ayant une force musculaire supérieure au grade 3. La fiabilité

inter-évaluateurs et la réactivité de l'échelle de notation sont également problématiques chez les individus ayant une force musculaire antigravitaire, en raison de la subjectivité de la distinction entre la force de grade 4 et 5 (239). Ces défis liés à la validité discriminante du MMT soulignent la nécessité d'un autre outil plus objective et améliorer potentiellement la fiabilité et la validité.

Dans ce contexte, une approche implique l'utilisation de la dynamométrie qui fournit une mesure plus quantitative de la force pendant le testing musculaire. Il présente une option simple, portable et peu coûteuse pour les cliniciens souhaitant obtenir des mesures de la force musculaire isométrique chez les personnes atteintes de BPCO (240). La version dédiée aux muscles fléchisseurs de la main a démontré de bons coefficients de fiabilité et s'est révélé approprié pour mesurer les variations moyennes de la génération de force musculaire au sein de groupes de personnes atteintes de BPCO. Pour certains auteurs, ce dynamomètre de la main représente un outil pertinent pour le suivi des changements dans le cadre de programmes de groupe (241). D'autant que l'accès aux dynamomètres polyvalents demeure limité en pratique clinique, en raison notamment du coût élevé de ces dispositifs et du temps nécessaire pour leur installation et la réalisation des tests (240).

Une autre méthode précise : la jauge de contrainte (Strain Gauge) permettant de mesurer la déformation ou contrainte d'un objet ou d'une structure lorsqu'une force est exercée. C'est une méthode précise et présente une bonne alternative au testing musculaire manuel et aux dynamomètres informatisés (238,241).

Pour la force isotonique, le 1-RM testing (Répétition maximal) défini comme la charge maximale pouvant être déplacée sur toute l'amplitude de mouvement de manière contrôlée, en utilisant une technique correcte la charge est progressivement augmentée jusqu'à ce que le patient ne puisse réaliser qu'une seule répétition (242). C'est un test fondamental et fiable pour évaluer la force musculaire isotonique. Ainsi pour déterminer la charge appropriée lors des exercices de renforcement musculaire(238).

h. Evaluation de l'endurance musculaire :

La contraction musculaire isotonique et isométrique représente deux types distincts de contraction musculaire pour cela l'évaluation de leur endurance diffère. L'endurance isométrique évaluent la capacité à maintenir une force à longueur musculaire constante, fournissant des informations sur l'endurance statique. Par contre l'endurance isotonique Évaluent la capacité à maintenir une force tout au long d'une amplitude de mouvement, reflétant l'endurance dynamique (238).

Bien que le test de 1RM soit principalement utilisé pour évaluer la force musculaire maximale, il peut être adapté à l'évaluation de l'endurance musculaire isotonique. Cette adaptation consiste à mesurer le nombre de répétitions qu'un patient est capable d'effectuer à un pourcentage sous-maximal de sa 1RM. Ce pourcentage est généralement compris entre 50 % et 70 % (91). Chez les patients atteints de BPCO, les tests de RM sont fréquemment réalisés à l'aide de machines d'extension des jambes tel que le dynamomètre d'isocinétisme ou des poids libres, en particulier pour les membres inférieurs. Une évaluation précise et sécuritaire de la 1RM nécessite un

encadrement par un personnel formé ainsi qu'une instruction adéquate concernant la technique d'exécution. Toutefois, la réalisation de tests de force maximale peut s'avérer difficile chez certains patients BPCO en raison de la dyspnée d'effort et de la fatigue induite par l'exercice.

On peut aussi citer le test d'effort cardiopulmonaire (CPET) qui constitue depuis longtemps la méthode de référence pour l'évaluation de la capacité à l'exercice chez les patients atteints de BPCO. Il utilise un cycloergomètre pour mesurer les indicateurs de performance cardiaque et pulmonaire, tels que la consommation maximale d'oxygène (VO₂max) (76).

i. Evaluation du profil biologique :

La numération formule sanguine (NFS) présente un test de base qui peut apporter des informations importantes tel qu'une éventuelle anémie qui peut limiter la capacité du sang à transporter l'oxygène ce qui peut aggraver des symptômes tels que la fatigue ou la dyspnée, et diminuer la tolérance à l'effort au cours de la réhabilitation pulmonaire. Les globules blancs peuvent être élevée en présence d'une infection susceptible de provoquer une exacerbation. Selon Xiong et al., le NLR (neutrophile-lymphocytes ratio) et le EBR (éosinophile-basophile ratio) sont deux mesures simples et non coûteuses et qui ont une corrélation significative avec la sévérité et le pronostic des patients atteints de BPCO (243).

La protéine C-réactive (CRP) est une protéine de phase aiguë reconnue comme un marqueur fiable de l'inflammation systémique. Chez les patients atteints de BPCO, des concentrations élevées de CRP ont été systématiquement associées à des issues cliniques défavorables notamment une fonction pulmonaire de base réduite (VEMS), une mortalité à long terme accrue, une diminution de la qualité de vie liée à la santé, ainsi qu'une fréquence plus élevée des exacerbations et des hospitalisations. Par ailleurs, l'augmentation des taux de CRP a été corrélée à un risque accru de décès chez les individus atteints de BPCO(244). La mesure de la CRP peut fournir des informations pertinentes sur la charge inflammatoire globale chez ces patients, ce qui peut influencer la stratégie de prise en charge et le suivi au cours de la réhabilitation respiratoire, des taux élevés pouvant refléter un état pathologique plus actif.

L'analyse des gaz du sang artériel (la gazométrie artérielle) constitue un élément incontournable de l'évaluation initiale, en particulier chez les patients présentant des symptômes respiratoires ou une fonction pulmonaire diminuée. Cet examen permet de mesurer les concentrations d'oxygène (O₂) et de dioxyde de carbone (CO₂) dans le sang artériel, offrant ainsi une évaluation directe de l'efficacité des échanges gazeux ; paramètres clés dans la décision d'instaurer une oxygénothérapie et dans le suivi de l'état respiratoire du patient au cours de la réhabilitation pulmonaire. Ainsi, elle permet de détecter d'éventuels déséquilibres acido-basiques révélant une insuffisance respiratoire par la mesure de PH sanguin (245).

F. Effets de la réhabilitation pulmonaire sur la santé

L'efficacité et les bénéfices de la réhabilitation pulmonaire ont été largement documentés dans de nombreuses études scientifiques, ce qui lui vaut d'être fortement recommandée par les sociétés savantes. Les avantages de cette intervention dépassent le cadre strict du patient mais s'étendent

également aux dispensateurs de soins et aux autorités publiques, grâce à une réduction notable de la consommation médicale et des coûts associés(246).

1. Effets à Court et Moyen terme :

a. Effets sur la dyspnée :

La dyspnée, symptôme cardinal de la bronchopneumopathie chronique obstructive, génère une kinésiophobie chez les patients, les incitant à restreindre leurs activités physiques. Cette réduction progressive de la mobilité entraîne une altération de la fonction musculaire périphérique et respiratoire, aggravant la demande en oxygène et exacerbant ainsi la perception de l'essoufflement et engendrant un cercle vicieux invalidant (247). Sur le plan physiopathologique, la dyspnée est une expérience subjective multidimensionnelle, intégrant des composantes sensorielles (incluant des paramètres qualitatifs et quantitatifs), physiques (limitations fonctionnelles et répercussions sur les activités de la vie quotidienne) et affectives (anxiété, détresse psychologique)(248). À cet égard, le travail de Higashimoto et al., met en évidence des améliorations significatives, mesurées par des outils validés tels que le score mMRC, l'échelle de Borg et le domaine spécifique à la dyspnée du Questionnaire de Qualité de Vie Respiratoire (CRQ) prouvant l'efficacité de la réadaptation pulmonaire dans la gestion de ce symptôme(249,250).

b. Effets sur la santé mentale

La réadaptation pulmonaire joue un rôle crucial dans la réduction de la morbidité psychologique (251,250,252). Elle contribue également à rompre l'isolement social des patients, tout en les encourageant à développer une autogestion de leur maladie. A titre d'exemple Une revue systématique, préalablement enregistrée sur PROSPERO et conduite en conformité avec les directives PRISMA, a synthétisé les données issues de 18 essais randomisés contrôlés examinant l'impact de la réadaptation pulmonaire versus soins usuels sur les symptômes anxio-dépressifs chez des patients BPCO a mis la lumière sur l'impact bénéfique de la RR sur l'amélioration de la santé mentale(253).

c. Effets sur la fonction respiratoire :

Les données actuelles demeurent contradictoires quant à l'impact de la RR sur les paramètres spirométriques. Certaines études ne rapportent aucune variation significative du rapport VEMS/CVF (254–256) malgré une amélioration de VEMS, CVF et DEP attribuée notamment à l'inclusion d'exercices de respiration rapide et profonde ainsi qu'à l'entraînement des muscles respiratoires(255). D'autres travaux en revanche, confirment une amélioration significative des indices spirométriques VEMS,CVF, VEMS1 pred% et VEMS/CVF (246,257,258), et surtout chez le groupe A selon la classification de GOLD (257). En adoptant la technologie d'imagerie par impédance électrique thoracique (EIT) pour évaluer la fonction pulmonaire régionale Ma et al., ont observé une réduction significative de l'hétérogénéité spatiale du rapport VEMS/CVF ainsi une diminution marquée de l'hétérogénéité temporelle de la vidange pulmonaire régionale, accompagnée d'un raccourcissement des temps d'expiration(255).

La capacité fonctionnelle tend à décliner au fil du temps lors de l'évolution de la maladie, en particulier lorsque le patient ne modifie pas son comportement en matière d'activité physique, ce qui contribue à la gravité et à la morbidité de la BPCO. Le TM6 a fait l'objet de multiples études

démontrant une amélioration significative de ce paramètre à l'issue des programmes de réadaptation respiratoire(249,257,259–263), y compris dans des contextes où l'équipement disponible est minimal (264). Une durée prolongée des programmes est corrélée à une progression plus favorable de la capacité fonctionnelle (261,263).

d. Effet sur les troubles de l'équilibre :

Bien que les preuves concernant l'effet des programmes d'exercice sur l'équilibre chez les patients BPCO soient limitées, les études existantes suggèrent que des exercices spécifiques à l'équilibre pourraient être bénéfiques afin d'optimiser l'efficacité des interventions futures. Il serait pertinent d'intégrer des techniques d'entraînement comportemental en cas de troubles de l'équilibre (265,12).

e. Effet sur les muscles squelettiques

Pancrea et al. ont prouvé dans une étude prospective observationnelle les changements des propriétés musculaires squelettiques et les performances fonctionnelles après un programme de réhabilitation, ainsi qu'à trois mois de suivi (266). Les résultats ont mis en évidence une amélioration sur le plan musculaire, notamment la vitesse de développement de la force, accompagnée d'une augmentation de la masse musculaire rapportée par une méta-analyse complémentaire (267). Ces changements ont contribué à une progression favorable des capacités fonctionnelles et de l'endurance, parallèlement à une réduction de la fréquence cardiaque et des taux de lactate sérique ainsi, une diminution des scores MMRC et CAT a été observée, traduisant une amélioration notable de la dyspnée(85).

Une récente étude interventionnelle randomisée et multicentrique a démontré, à travers ses analyses, qu'un programme d'entraînement musculaire périodisé non linéaire d'une durée de huit semaines induit des améliorations significativement plus importantes les divers paramètres de fonction musculaire (force : +33% ; endurance : +147%) et la capacité fonctionnelle. Ces résultats suggèrent par conséquent une potentielle nécessité de réévaluer et d'actualiser les recommandations actuelles relatives à l'entraînement en résistance (RT), afin d'intégrer ces nouvelles observations (268).

Une autre revue systématique récente a mis en évidence que l'entraînement des membres supérieurs intégrant des exercices de résistance, représente une intervention efficace à court terme pour améliorer la force musculaire des membres supérieurs chez les patients atteints de BPCO, comparativement à l'absence d'exercice ou à un entraînement exclusif des membres inférieurs il apparaît essentiel d'approfondir les recherches afin d'évaluer l'efficacité et de définir les paramètres optimaux de l'EMS, en considérant son impact sur des critères cliniques pertinents tels que les symptômes, la fonction musculaire et la capacité à réaliser les activités de la vie quotidienne(98).

2. Effets à long terme :

La déclaration de 2013 de l'ATS/ERS sur la RP a mis en exergue l'importance cruciale de développer des approches visant à prolonger les effets bénéfiques de la PR (13). Cet objectif stratégique vise à garantir une amélioration soutenue de l'état fonctionnel et de la qualité de vie des patients. Conformément à ces recommandations il est préconisé qu'après RP initial d'encourager tous les patients à poursuivre un exercice physique régulier, indépendamment de la

mise à disposition ou non d'un programme de maintien supervisé. Le choix entre un programme de maintien supervisé et un exercice autonome devrait être basé sur une évaluation des besoins individuels, des capacités physiques, des préférences des patients et de la disponibilité locale des programmes de maintien(269). Ce qui explique que la mise en place et le maintien d'un programme de réadaptation à long terme constituent un défi permanent, entravé par plusieurs obstacles tels que le manque d'adhérence, l'éloignement géographique et l'absence de supervision adéquate.

Pour évaluer l'effet de la réadaptation pulmonaire au long cours, une étude randomisée a été conduite, répartissant les participants en trois groupes : un groupe poursuivant la réadaptation à domicile via les réseaux sociaux, un groupe bénéficiant de la réadaptation en milieu hospitalier, et un groupe recevant des soins standards. Les résultats de cette étude montrent une réduction des exacerbations et par conséquent des hospitalisations, ainsi qu'une amélioration de la performance fonctionnelle et de la dyspnée, observées dans les deux groupes ayant maintenu le programme pendant une durée de 12 mois(191). Kaasgaard et al., ont conclu que les patients ayant achevé leur programme de réadaptation sont capables de s'engager dans des programmes à long terme par contre aux individus n'ayant pas terminé le programme initial de RP étaient moins enclins. Il est rapporté aussi que le niveau d'adhérence initial n'influence ni la participation actuelle ni le score de qualité de vie (QoL) à ce jour, même longtemps après un programme de PR initial(270). Des futures études pourraient utilement examiner les implications à long terme du niveau d'adhérence initial au PR. Yohannes et al. ont montré que certains bénéfices tels que l'amélioration de la qualité de vie, se maintiennent sur 02 ans tandis que d'autres comme la dyspnée ne persistent pas, d'où l'importance de mener des études prospectives comparatives entre un programme d'entretien structuré et l'absence de celui-ci (198,271). La base de données soutenant les programmes de réhabilitation pulmonaire d'entretien continue de s'élargir, mais l'interprétation reste complexe en raison de la diversité des conceptions d'essais et d'interventions (269). Une étude rétrospective longitudinal analytique a souligné que les patients atteints de BPCO qui terminent avec succès un programme de réhabilitation pulmonaire présentent un avantage de survie significatif sur le plan statistique(272). Cet avantage est particulièrement marqué en comparaison avec les patients qui n'ont pas suivi le programme ou qui l'ont abandonné avant de le compléter, ils ont trouvé qu'une augmentation d'un mètre de la distance parcourue lors du test de marche incrémentale associée à une réduction de 0,4 % du risque relatif de mortalité. Des résultats similaires ont été rapportés dans une étude de cohorte rétrospective menée en Australie(273). Celle-ci indique que les patients atteints de maladies respiratoires chroniques cliniquement stables ayant participé à un programme RP présentent un taux de mortalité significativement inférieur comparé aux patients témoins présentant des pathologies similaires, mais n'ayant pas bénéficié d'une telle intervention.

La littérature actuelle met en évidence un besoin crucial d'études randomisées prospectives avec un suivi longitudinal pour établir de manière robuste les effets à long terme. La réalisation d'essais cliniques rigoureux bute sur des obstacles éthiques non négligeables, notamment la difficile acceptabilité de priver certains patients d'une intervention thérapeutique considérée comme intégrée dans les pratiques cliniques courantes.

L'effet de la réadaptation observé sur la mortalité se distingue des données issues de synthèses antérieures, qui ont souvent présenté des résultats hétérogènes(269). Cette divergence pourrait être expliquée par plusieurs facteurs, notamment la faible incidence de mortalité au cours de la période de suivi étudiée, le degré de gravité initial de la BPCO chez les patients pouvant altérer les taux de survie, la durée limitée du suivi, ainsi que le manque de puissance statistique des études disponibles où la mortalité est fréquemment évaluée comme un critère secondaire. Ces éléments soulignent la nécessité d'études futures mieux conçues pour explorer cet impact(274).

Par contre, la qualité de vie (QoL) constitue un indicateur clé du bien-être global sur le moyen et long terme, englobant la santé physique et mentale. La bronchopneumopathie chronique obstructive impacte profondément la QoL, car les limitations physiques et les troubles psychologiques qu'elle engendre empêchent les individus touchés de maintenir des interactions sociales et de participer pleinement aux activités de la vie quotidienne (275). La réadaptation respiratoire (RR) constitue une intervention thérapeutique incontournable dans l'amélioration de la qualité de vie des patients atteints de BPCO.

Plusieurs auteurs ont confirmé les effets bénéfiques de la RP sur la qualité de vie et ce en basant sur différents outils d'évaluation notamment CAT (224,276) en attestent de nombreuses études tant à court terme qu'à long terme (276,277).

Au cours des dernières années, une intégration progressive de méthodes holistiques s'est manifestée au sein des programmes contemporains la RR destinés aux patients atteints BPCO. L'adoption croissante de ces approches repose sur une adaptation aux contextes culturels spécifiques et sur un corpus croissant de preuves scientifiques documentant leur efficacité clinique.

Parmi ces modèles, le yoga se distingue par son orientation principale sur le renforcement musculaire du tronc, le contrôle ventilatoire, la pleine conscience et la conscience corporelle(278). Wang et al., ont démontré une amélioration objective des paramètres spirométriques (VEMS, CVF et rapport VEMS/CVF), associée à une réduction de la dyspnée et à une nette amélioration de la qualité de vie, une revue récente a par ailleurs établi son efficacité dans la prise en charge des comorbidités psychiatriques, notamment sur les symptômes dépressifs et la gestion de la fatigue(279).

Le Tai Chi, en tant que modalité thérapeutique intégrative d'origine culturelle, a fait l'objet d'évaluations scientifiques au cours de la dernière décennie. Bien que les résultats des études restent mitigés(146). Plusieurs travaux rigoureux, incluant des méta-analyses et revues systématiques, mettent en évidence des bénéfices cliniques significatifs chez les patients atteints de BPCO. Les données probantes démontrent notamment une réduction de la dyspnée une amélioration de la tolérance à l'effort objectivée par l'augmentation de la distance au test de marche de 6 minutes et une amélioration significative de la qualité de vie mesurée par le questionnaire de SGRQ.

Plus remarquable encore, Chenfang et al., rapportent dans leur méta-analyse un impact favorable sur la réduction des exacerbations, ce qui les amène à recommander fortement l'intégration du Tai Chi dans les programmes de prise en charge des patients BPCO(154).

La musicothérapie, la danse et la singing for lung health (SLH) représentent des approches émergentes qui ont connu un essor significatif dans le domaine de la réhabilitation. Actuellement sujets d'investigation active, leurs résultats demeurent parfois contrastés. Bien que leur faisabilité ait été établie, un besoin crucial subsiste quant à la réalisation d'études randomisées et contrôlées de grande envergure(171,173,175,280–283). Ces recherches sont nécessaires pour évaluer rigoureusement leurs effets spécifiques sur la fonction respiratoire, la dyspnée, la capacité fonctionnelle des patients les effets à long terme et les implications économiques pour la santé.

G. Recommandations des sociétés savantes :

Les programmes de réadaptation respiratoire (RR) ont connu une évolution significative vers une approche multidisciplinaire, intégrant une diversité de professionnels de santé, notamment des kinésithérapeutes, des nutritionnistes et des psychologues, permettant ainsi une prise en charge globale des patients tout incluant l'entraînement physique à l'effort et le renforcement des muscles périphériques qui en constituent des éléments essentiels, l'ergothérapie, l'éducation du patient, le sevrage tabagique, le conseil diététique et l'accompagnement psychosocial (284).

1. Les recommandations du GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) :

Selon le guide GOLD2024 (8) Les patients présentant un phénotype sévère de la BPCO (groupe B et E), associé à des comorbidités telle que le diabète, l'asthme ou des conditions ostéoarticulaires et à un risque accru d'exacerbations, constituent une population cible prioritaire pour la réhabilitation pulmonaire. Il est particulièrement important de cibler les populations vulnérables dans les programmes de réhabilitation, en incluant particulièrement les personnes âgées, les femmes et les individus issus d'un cadre socioéconomiques défavorables.

Le guide du GOLD 2024 cite notamment des études qui rapportent qu'une durée de réhabilitation pulmonaire de 6 à 8 semaines est optimale pour obtenir des bénéfices significatifs. Il est aussi mentionné qu'au-delà de 12 semaines, aucun gain supplémentaire n'a été mis en évidence. Un programme d'entraînement physique supervisé, d'une fréquence minimale de deux séances par semaine, est recommandé. Ce programme doit être individualisé et peut inclure une variété d'exercices : réentraînement à l'effort, renforcement musculaire ainsi que des exercices de flexibilité et de respiration.

2. Les recommandations de l'ERS (European Respiratory Society) :

L'article récent publié par l'European Respiratory Society (ERS) (235) constitue une synthèse exécutive des recommandations formulées par le Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)2023, réaffirmant ainsi les directives existantes. Ces travaux insistent sur la nécessité d'encourager le maintien d'une activité physique adaptée chez les patients atteints de BPCO, un objectif qui demeure un défi majeur. Dans cette optique, l'adoption de technologies émergentes apparaît comme une approche prometteuse, offrant des solutions accessibles et efficaces pour renforcer l'auto-efficacité des patients vis-à-vis de l'exercice, tout en les sensibilisant et les motivant à adopter des comportements favorables à leur santé.

En réponse aux limites des méthodes conventionnelles, la télé réadaptation est également mise en avant comme une alternative viable. Plusieurs études ont ainsi analysé les différentes

modalités de mise en œuvre de la télé réadaptation auprès de divers groupes de patients, contribuant à une meilleure compréhension de son efficacité et de son intégration dans les pratiques cliniques.

La collaboration entre l'American Thoracic Society (ATS) et l'European Respiratory Society (ERS) en 2015(10), a principalement porté sur la standardisation de la formation des professionnels médicaux et paramédicaux, tant dans leur cursus initial que continu. Elle a également mis l'accent sur la sensibilisation et l'éducation des parties prenantes, l'amélioration de l'accessibilité et de la qualité de la réhabilitation respiratoire à travers le développement des infrastructures, l'innovation dans les modèles de prise en charge, ainsi que le respect des recommandations scientifiques. Cependant, cette version n'a pas été actualisée, mettant en évidence la nécessité d'une révision approfondie. Il devient impératif de préciser les indications de la RR, d'établir une codification rigoureuse des programmes et de définir des stratégies optimales afin de surmonter les obstacles entravant leur mise en œuvre.

Afin de répondre aux exigences spécifiques des patients ainsi qu'aux contraintes logistiques associées à la mise en œuvre des programmes de réhabilitation respiratoire (RR), l'European Respiratory Society (ERS), en partenariat avec l'European Lung Foundation (ELF), a initié plusieurs projets de recherche visant à adapter la RR aux diverses populations et contextes culturels. Dans ce cadre, l'ELF joue un rôle stratégique en co-dirigeant le projet européen EU PAL-COPD, développé au sein de Lungs Europe, une initiative collaborative entre l'ERS et l'ELF(285).

Ce projet innovant cherche à relever les défis cliniques et éthiques liés à la prise en charge des patients atteint de BPCO à un stade avancé. À cet effet, le programme ICLEAR-EU (286) met en place une approche non pharmacologique novatrice, qui associe les principes de la réhabilitation respiratoire et des soins palliatifs. Cette approche vise à offrir une prise en charge holistique des patients, avec pour finalité l'amélioration de leur qualité de vie.

3. Les recommandations de L'American thoracic society (ATS) :

L'American thoracic society (ATS) (269) recommande l'inclusion de tous les patients atteints de BPCO stable dans les programmes de réhabilitation pulmonaire. Cette recommandation s'appuie sur les résultats de nombreuses études démontrant l'efficacité de la réhabilitation pulmonaire pour réduire la dyspnée, améliorer la qualité de vie et augmenter la capacité d'exercice chez ces patients. De plus, les données actuelles ne mettent en évidence aucun effet indésirable majeur associé à cette intervention particulièrement le décès.

L'ATS (269) recommande de proposer, à l'issue d'un programme initial de réadaptation pulmonaire, soit une RP de maintenance supervisée, soit une prise en charge conventionnelle. Cette recommandation s'appuie sur des critères prioritaires tels que l'amélioration et le maintien de la capacité à l'effort, de la qualité de vie liée à la santé (HRQoL), ainsi que la réduction de la dyspnée. Toutefois, des incertitudes persistent quant à l'efficacité supérieure de manière systématique d'une RP de maintenance structurée pour atteindre ces objectifs cliniques. Par conséquent, les futures recherches doivent se concentrer sur : La détermination de la fréquence optimale des séances supervisées de RP de maintenance et une définition du contenu thérapeutique optimal de ces programmes, intégrant des approches personnalisées et fondées

sur des preuves. Ainsi, il est primordial de procéder à une évaluation rigoureuse de l'efficacité des approches alternatives de maintenance, notamment la télé réadaptation, afin d'optimiser les stratégies de prise en charge à long terme. Cette démarche vise à adapter les interventions aux particularités individuelles des patients, conformément aux conclusions formulées lors de son récent atelier de 2021(287) qui ont également mis en lumière l'importance cruciale d'un contrôle systématique de la qualité qui requiert la mise en place d'audits de contrôle qualité rigoureux, ainsi qu'une prestation assurée par un personnel hautement qualifié, pour assurer et améliorer continuellement l'efficacité de ces programmes. L'intégration de ces principes dans les protocoles médicaux pourrait ainsi favoriser une amélioration significative des résultats thérapeutiques.

Les hospitalisations pour exacerbations aiguës de BPCO (AECOPD) représentent un fardeau socio-économique majeur pour les patients et les systèmes de santé, avec un risque accru de ré hospitalisation et de mortalité post-sortie. En 2017, les directives ERS/ATS recommandaient, avec un niveau de preuve très faible, d'initier la réhabilitation respiratoire (RR) dans les 03 semaines suivant une hospitalisation pour exacerbation de BPCO. Une revue systématique récente a montré que la RR pendant l'hospitalisation est à la fois sûre et efficace pour les patients atteints d'EABPCO, malgré une légère augmentation des effets indésirables (288). En 2023, l'ATS a renforcé cette recommandation en encourageant les adultes souffrant de BPCO à participer à un programme de RR après une hospitalisation pour EABPCO, mettant l'accent sur la réduction des réadmissions et l'amélioration de la capacité d'exercice, de la dyspnée et de la qualité de vie liée à la santé (HRQoL). Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer le moment optimal d'initiation de la RR après une exacerbation, évaluer son impact sur l'utilisation des soins de santé et les coûts, et explorer l'efficacité de modèles alternatifs comme la télé-réhabilitation. Enfin, l'impact de la RR après une hospitalisation pour d'autres pathologies, telles que les maladies interstitielles pulmonaires ou l'hypertension pulmonaire, mérite également d'être étudié afin d'élargir son application clinique(269).

H. Revue de littérature sur les bénéfices de la prière " SALAT"

De nombreuses études ont mis en évidence un lien entre la pratique religieuse et spirituelle et l'état de santé. La prière islamique ou salat, précédée par l'ablution (Wudu) est l'un des piliers de l'islam. C'est un acte de culte, d'adoration envers ALLAH et une obligation dès la puberté pour tous les musulmans impliquant des mouvements corporels rythmés, des récitation et une posture méditative. Cependant, pour les patients dans l'incapacité de se tenir debout ou d'exécuter les postures physiques requises pour la Salat (prière islamique), L'Islam a prévu des dispositions permettant des adaptations en fonction de leurs limitations fonctionnelles. Ces adaptations peuvent inclure l'accomplissement de la prière en position assise, allongée, ou par des mouvements minimaux tels que l'inclinaison de la tête(289).

La Salat dans sa forme complète se compose de certaines postures référentielles :

Position debout (Takbir/ Quiyam) : premier temps de prière qui se manifeste en levant les mains, avec les paumes ouvertes à hauteur des oreilles et les pouces positionnés derrière les lobes des oreilles. Dans cette posture, les coudes sont fléchis et l'articulation de l'épaule est légèrement étirée (290). Cette posture initiale contribue à améliorer la posture globale et à renforcer la stabilité corporelle (290,291).

Inclinaison (Ruku'u) : est obtenue par une flexion antérieure de la colonne vertébrale, cette posture répétée révèle une sollicitation des articulations lombaires, coxo-fémorales et du genou, permettant d'étirer les muscles para vertébraux de la région lombaire, les ischio-jambiers, ainsi que les muscles du mollet (gastrocnémien et soléaire). Par conséquent elle induit un renforcement de la musculature para vertébrale et des ischio-jambiers, une amélioration de la flexibilité articulaire, souplesse de la colonne vertébrale, réduction de risque de compression nerveuse et une augmentation de la densité minérale osseuse (291,292).

Posture assise (Jalsa/Tashahhud) : la position agenouillée ou l'individu s'assoit au sol repliant les jambes et réalisant une flexion profonde des genoux étirant ainsi les quadriceps et les ischio-jambiers, ainsi la dorsiflexion des chevilles étire le tibia antérieur et l'extenseur hallucis longus. Ces mouvements contribuent à renforcer les muscles de membres inférieurs et à améliorer la stabilité du tronc et l'équilibre (291,292).

Posture prosternation (sujud) : obtenue par une flexion antérieure et profonde de rachis lombaire associée à une position basse du tête, les mains en appui sur le sol, sollicitent les muscles des avant-bras et des bras, tandis que les membres inférieurs, fléchis à angle droit, activent la musculature abdominale et étirant ainsi les muscles spinaux, les ischio-jambiers et les muscles de la cheville (292). Cette posture répétée réduit les douleurs lombaires, induit une inversion de la pression intra-abdominale et une augmentation du retour veineux, favorisant ainsi l'irrigation cérébrale pour une meilleure oxygénation (291).

Arrêt (Tasleem/salaam) : La rotation de la tête de chaque côté améliorant l'amplitude de mouvement du cou, tout en permettant un étirement des fibres de trapèze à travers des mouvements doux et répété (292) et pouvant renforcer les muscles du cou dans le cas de spondylose cervicale qui est une affection courante liée à l'âge touchant les articulations et les disques de la colonne cervicale (290).

La prière islamique, dans son accomplissement complet, intègre des mouvements de transition posturale comme le passage répété de la position debout à la prosternation, puis à la position assise, qui peuvent être assimilés à un exercice fonctionnel structuré. Ces enchaînements, exécutés plusieurs fois par jour, sollicitent les groupes musculaires des membres inférieurs, du tronc et des ceintures scapulaires, contribuant ainsi à améliorer la force musculaire optimiser la mobilité articulaire (hanches, genoux, colonne vertébrale) et Renforcer l'équilibre dynamique (293).

La *Salat* se compose d'au moins deux rakaats, chaque rakaat comprenant une série de sept postures et 22 séries de levée de sol. Pour la prière effectuée avant le lever du soleil, il est requis d'exécuter deux rakaats, soit un total de 14 postures consécutives. De ce fait, chaque musulman doit réaliser au minimum 119 postures par jour, ce qui équivaut à 3 570 postures par mois et à 42 840 postures annuellement (290).

La prière islamique combine des aspects cognitifs et moteurs, contribuant au bien-être global accordant l'activité spirituelle et physique à la fois en sollicitant tous les muscles de corps d'une manière intense sans provoquer une fatigue musculaire. Elle apporte une sensation de tranquillité aussi bien au corps qu'à l'esprit. L'interaction entre le système nerveux central et le système nerveux autonome pendant la *Salat* favorise la relaxation et réduit l'anxiété chez les pratiquants réguliers. Ainsi, la *Salat* combine des aspects cognitifs et moteurs, contribuant au bien-être global.

1. Les bénéfices de la prière sur la sante :

a. La prière et l'appareil musculosquelettique :

Les mouvements répétés et coordonnés exécutés lors de la prière sollicitent une grande partie de l'appareil locomoteur. Les différentes postures (inclinaison, prosternation) constituent une forme d'exercice physique doux qui entraîne une flexibilité musculaire sans sur-exercice et accessible à tous, y compris aux personnes âgées (290). Les études électro-physiologiques, bien que limitées, suggèrent un équilibre entre contraction et relâchement musculaire au niveau des érecteurs du rachis et des trapèzes lors de ces postures, témoignant d'une sollicitation musculaire harmonieuse (294).

De nombreux auteurs ont souligné les bienfaits de la prière sur le système musculosquelettique. Les mouvements répétitifs de la prière favorisent l'équilibre postural (291), le tonus musculaire et la souplesse articulaire, réduisant ainsi le risque d'arthrose (290,295).

Chokkhanitchai et al., a exploré l'effet de la prière sur la prévalence et la gravité de l'arthrose chez une population thaïlandaise âgée plus de 50 ans avec hétérogénéité religieuse. Les résultats ont révélé que la prévalence de l'arthrose du genou s'est avérée plus faible chez les musulmans. Ces observations suggèrent que la pratique de la prière musulmane depuis l'enfance, impliquant une flexion profonde des genoux, pourrait contribuer à l'étirement des tissus mous périarticulaires et à la réduction de la raideur du cartilage articulaire, offrant ainsi un effet protecteur potentiel contre l'arthrose, cependant des études prospectives restent difficilement applicables (296).

La *Salat* dans sa version complète pourrait représenter une approche complémentaire dans le processus de réhabilitation des patients atteints de troubles neurologiques ou musculosquelettiques. Les différentes postures pourraient corriger et ou prévenir les postures pathologiques adoptées chez les patients présentant des troubles neurologiques. La position debout aide à retrouver un équilibre statique et dynamique, la prosternation déclenche le réflexe postural et le réflexe labyrinthique tonique, entraînant la contraction des muscles extenseurs des membres. Le regard fixe vers le point de prosternation pendant la prière favorise une coordination visuelle avec les systèmes proprioceptifs et vestibulaires. Cette synergie offre un retour

d'information complexe sur la position corporelle, intégrée au niveau du tronc cérébral et du cervelet, des régions souvent affectées dans diverses pathologies (297).

b. La prière et l'appareil cardiovasculaire :

De nombreuses études ont démontré l'existence d'une corrélation entre la pratique de la méditation, la régulation de la tension artérielle et la fréquence cardiaque. Étant donné que la prière est souvent considérée comme une forme de méditation associant une dimension spirituelle et religieuse, elle exerce également une influence notable sur ces deux paramètres physiologiques. Selon Doufesh et al., la prière exerce un effet significatif sur la réduction de la fréquence cardiaque ainsi que des pressions artérielles systolique et diastolique. Cette diminution des valeurs tensionnelles et cardiaques peut être particulièrement bénéfique pour les individus présentant une hypertension légère à modérée (290,298).

c. La prière et l'appareil neurologique :

Selon Doufesh H et al. La pratique de la salat stimule le système nerveux parasympathique tout en diminuant l'activité du système nerveux sympathique, induisant ainsi un état de relaxation et minimisant l'état d'anxiété (298). Une étude menée auprès de neuf participants, au cours de laquelle des tracés EEG ont été enregistrés pendant quatre cycles de mouvements, a révélé une augmentation de l'amplitude des ondes alpha dans les régions pariétales (299). De plus, la position de prosternation favorise l'augmentation du flux sanguin vers le cerveau, améliorant son oxygénation. Cet état est associé à des conditions favorables à la mémoire, la concentration, l'équilibre psychologique et les fonctions cognitives qui englobent les processus mentaux essentiels à la réalisation de diverses tâches.

d. La prière et la santé mentale :

Afin d'étudier l'effet de la Salat sur la santé mentale. Achour et al., ont investigué l'influence de la prière islamique sur le bien-être subjectif des infirmiers, considérant que le stress professionnel constitue une préoccupation majeure pour cette catégorie de travailleurs. Leurs résultats ont mis en évidence le rôle protecteur de cette pratique religieuse, agissant comme un facteur de gestion et de réduction du stress. De surcroît, cette pratique semble contribuer à l'atténuation des symptômes dépressifs et à la promotion du regain d'espoir au sein de cette population (300).

Deuxième partie :

Partie pratique.

IV. OBJECTIFS

A. Objectif principal :

- Etudier les facteurs prédictifs de non faisabilité d'un programme d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » chez les patients BPCO ayant une dysfonction musculaire limitant la lever de sol au niveau du service de pneumologie de l'Hôpital Ben Deghine Ali de Laghouat.

B. Objectifs secondaires :

- Estimer le taux de faisabilité d'un programme d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » sur les patients BPCO ayant une dysfonction musculaire limitant la lever de sol au niveau du service de pneumologie de l'Hôpital Ben Deghine Ali de Laghouat.
- Evaluer les effets d'un programme d'entraînement basé sur des séries de levé de sol « SLS » sur les patients BPCO ayant une dysfonction musculaire limitant la lever de sol au niveau du service de pneumologie de l'Hôpital Ben Deghine Ali de Laghouat.
- Initier une cohorte sur l'impact d'un programme d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » sur la survie des patients BPCO ayant une dysfonction musculaire limitant la lever de sol au niveau du service de pneumologie de l'Hôpital Ben Deghine Ali de Laghouat.

V. MATERIEL ET METHODES :

A. Type d'étude :

Il s'agit d'une étude interventionnelle longitudinale quasi expérimental prospective uni centrique qui était menée au sein du service de pneumologie de l'Hôpital Ali Ben Deghine, sur une période allant du 01/12/2024 jusqu'au 10/04/2025.

B. Population d'étude :

Notre étude était portée sur un groupe de patients suivis pour bronchopneumopathie chronique obstructive ayant une dysfonction musculaire se présentant aux 03 points de consultations durant la période de recrutement de 03 mois allant du 01/12/2024 jusqu'au 28/02/2025.

C. Critères d'inclusion :

Tous patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive BPCO ayant une dysfonction musculaire (limitations du lever de sol)

D. Critères de non inclusion :

- Tous patients présentant : Comorbidités décompensée
 - Cardiopathie ischémique récente
 - Accident vasculaire cérébrale récent
 - Exacerbation de BPCO récente dans les derniers 02 mois

E. Nombre de sujets nécessaires :

Une approche exhaustive a été adoptée pour la constitution de l'échantillon incluant tous les patients ayant les critères d'inclusion et de sélection. Cette approche a permis de maximiser la représentativité des résultats et de renforcer la validité externe des conclusions pour l'ensemble de la population concernée.

F. Constitution de l'échantillon :

Le recrutement des participants s'est fait dans les trois centres de consultations spécialisées suivants :

- Hôpital Ben Deghine Ali de Laghouat.
- SCTMR (Service de consultations et de traitement des maladies respiratoires) de Laghouat.
- Cabinet de consultation libérale du Dr Merioud pneumologue.

Lors des consultations régulières, le médecin spécialiste en pneumologie interrogeait systématiquement les patients BPCO ayant des limitations fonctionnelles, notamment la difficulté à se lever du sol. Cette information était utilisée pour déterminer leurs éligibilités à l'étude.

Les participantes ont été informées des modalités du programme, leurs questions ont reçu des réponses adéquates, il leur a été clairement indiqué qu'elles peuvent se retirer à tout moment sans préjudice. Leur consentement éclairé a été recueilli par écrit via un formulaire dédié, attestant de leur participation volontaire et éclairée. (Annexe 1)

Après la constitution de l'échantillon, chaque participant a bénéficié d'un entretien médical comprenant un examen clinique minutieux, incluant une évaluation ostéo-articulaire. Une série d'évaluations complémentaires a été réalisée portant sur des tests de : performance musculaire, des épreuves fonctionnelles de base, une spirométrie et une évaluation de la qualité de vie et de l'équilibre. Un recueil systématique des données a été effectué dans une fiche dédiée afin de répondre aux objectifs d'étude. (Annexe 2)

G. Critères de jugement :

1. Critères de jugements principaux :

Comparer la distribution des facteurs de non faisabilité d'un protocole d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » chez les patients BPCO ayant une dysfonction musculaire au niveau de 03 centres de consultations dans la ville de Laghouat.

2. Critères de jugements secondaires :

- Estimer la fréquence d'adhérence au protocole d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » sur les patients BPCO ayant une dysfonction musculaire au niveau de 03 centres de consultations dans la ville de Laghouat.
- Comparer les paramètres spirométrique, fonctionnelle, musculaire et de qualité de vie entre les patients ayant adhéré au protocole d'entraînement et les sujets non adhéré au protocole d'entraînement « SLS ».
- Evaluer la survie et la qualité de vie des patients adhérents au protocole d'entraînement basé sur des séries de lever de sol « SLS » sur les patients BPCO à long terme.

H. Variables étudiées :

Les données ont été mentionnées sur une fiche d'enquête. Cette fiche a pris en compte :

1. Variables sociodémographiques et anthropométriques :

L'âge : variable ouverte mentionné en année.

Le genre : variable fermée distinguant le genre masculin et féminin.

Ménopause : variable fermée précisant si la femme n'a plus son cycle menstruel.

Le niveau socioéconomique : variable fermée basant sur des critères subjectifs sur une échelle de 03 niveaux : bas, moyen, bon.

Distance domicile-hôpital : variable ouverte représentant l'éloignement approximatif du service de pneumologie mesuré en km.

Manque de transport personnel : variable fermée retenue si le patient possède un moyen de transport personnel ou familial.

Manque de soutien social : une variable ouverte retenue si le patient évoque un isolement social.

Indice de masse corporelle (IMC) : une variable ouverte calculé en divisant le poids d'une personne en kilogrammes par le carré de sa taille en mètres.

Masse adipeuse : variable ouverte définie par la portion grasseuse du corps et mesurée par une impédance bioélectrique en pourcentage.

Graisse viscérale : variable ouverte indiquant de la graisse entourant les organes internes et mesurée par une impédance bioélectrique sur 30 niveaux.

2. Variables liées aux Antécédents pathologiques :

Hypertension artérielle : variable fermée retenue si le patient est diagnostiqué d'hypertension artérielle ou présente une cardiopathie sous traitement médicale au long cours.

Diabète : variable fermée retenue si le patient connu d'un type de diabète nécessitant un traitement médical au long cours.

Maladie rhumatismale chronique : variable ouverte retenue si le patient suivi pour un rhumatisme inflammatoire soit : polyarthrite rhumatoïde, rhumatisme psoriasique, arthrite, et spondylodiscite ankylosante et / ou rhumatisme non inflammatoire tels que : arthrose, ostéoporose et la goutte.

Autres comorbidités : variable ouverte retenue si le patient présente une autre pathologie sous-jacente nécessitant un traitement à long terme.

3. Variables liées à la maladie respiratoire :

BPCO : variable fermée, retenue si le patient présente une broncho-pneumopathie chronique obstructive diagnostiquée de plus d'une année.

4. Variables liées au traitement inhalatoire :

La classe thérapeutique : variable ouverte, identifiant la classe thérapeutique du traitement inhalatoire selon la dénomination commune internationale.

5. Variables liées aux habitudes de vie :

Profession : variable ouverte déterminant le métier exercé par le patient.

Profession à risque de BPCO : variable fermée retenue si le patient exerce une profession exposante(301).

Tabagisme : variable fermée retenue si le patient a fumé plus de 100 cigarettes durant sa vie.

Indice paquet année : variable ouverte calculée en multipliant le nombre de cigarettes fumées en moyenne par jour par le nombre des années de consommation.

Sevrage tabagique : variable fermée retenue si la durée de sevrage tabagique est supérieure d'une année.

Durée de sevrage : Variable fermée numérique rapportant la période de sevrage en années.

Limitation du lever de sol : variable fermée retenue si le patient présente une incapacité et/ou une difficulté de se relever d'une position assise ou accroupie au sol.

6. Variables liées à l'évaluation de performance pulmonaire :

Spirométrie : réalisée en post bronchodilatateur basant sur deux paramètres et un rapport entre les deux :

- **CVF** : volume maximal de l'air exprimé en % que le patient peut expirer après une inspiration maximale pour évaluer le degré de restrictions ventilatoires.
- **VEMS** : volume d'air, exprimé en %, que l'on peut expirer de manière forcée et rapide pendant la première seconde d'une expiration complète, après une inspiration maximale.
- **Indice de Tiffeneau** : se calcule simplement en divisant le VEMS par la CVF afin d'évaluer le degré d'obstruction.

7. Variables liées à l'évaluation de dyspnée :

Dyspnée : variable fermée exprimée subjectivement par une sensation de difficulté de respirer classée par 2 échelles d'évaluation :

Score mMRC : échelle utilisée pour évaluer subjectivement la sévérité de la dyspnée comprenant 5 grades de 0 à 4 :

- **Grade 0** : Absence de gêne respiratoire, sauf lors d'efforts physiques intenses.
- **Grade 1** : Gêne respiratoire lors de la marche rapide ou en montant une légère côte.
- **Grade 2** : Obligé de marcher plus lentement que les personnes de son âge ou de s'arrêter pour reprendre son souffle lors d'une marche à son rythme habituel sur terrain plat.
- **Grade 3** : Obligé de s'arrêter pour reprendre son souffle après avoir parcouru environ 100 mètres ou quelques minutes de marche sur terrain plat.
- **Grade 4** : Trop essoufflé pour quitter la maison ou pour s'habiller.

BORG modifié 10 (CR10) : échelle subjective de l'intensité d'effort perçue pendant une activité physique et le classant : 0 : pas d'effort, 1 : très léger, 2 : léger, 3 : modéré, 4 : un peu difficile, 5 : difficile, 6 : très difficile, 7 : extrêmement difficile, 8-9 : très extrêmement difficile, 10 : effort maximal.

8. Variables liées à l'évaluation de la qualité de vie et de pronostic :

CAT (COPD assessment test) : une variable fermée qui représente un questionnaire standardisé comprenant 8 items portant sur les manifestations cliniques de la pathologie : toux, expectorations, essoufflement, oppression thoracique, activité quotidienne, inquiétude, sommeil, énergie. Chaque question est évaluée de 0 à 5 avec un score total compris entre 0 à 40.

GOLD : GOLD ABE (Assessment Based on Evidence) : système de classification actualisé de la BPCO intégrant une approche nosologique et evidence-based. Il combine : les signes fonctionnels (CAT/mMRC), le VEMS post-bronchodilatateur, et les antécédents d'exacerbations pour stratifier les patients en groupes ABE.

BODE index : est un score multidimensionnel utilisé pour évaluer la sévérité et le pronostic de la BPCO. Il combine l'IMC, le VEMS (% prévu), la dyspnée évaluée par l'échelle de mMRC et la distance parcourue au test de marche de 6 minutes, c'est un score qui sert à prédire la morbi mortalité en évaluant la sévérité de BPCO.

9. Variables liées à l'évaluation de performance fonctionnelle de base :

Test de marche de 6 minutes (6MWT) : la distance maximale en mètres qu'un patient peut parcourir à pied pendant 6 min à un rythme auto sélectionné sur un terrain plat.

Test de lever de chaise (STS 1MIN) : variable ouverte fondé sur le nombre de lever de chaises sans appui pendant 1 min.

Distance main-sol : variable ouverte correspond à la distance verticale séparant le bout des doigts du sol lorsqu'une personne se penche en avant avec les genoux tendus.

Timed up and go test : variable ouverte constituant un outil d'évaluation fonctionnelle sensible aux déficits de l'équilibre, de la force musculaire des membres inférieurs et de la vitesse de marche.

10. Variables liées à l'évaluation de la force musculaire et l'endurance :

La force isométrique maximale lors de l'extension de jambe : variable ouverte définie par la résistance maximale pouvant être soulevée avec une technique correcte sur l'ensemble de l'amplitude de mouvement, mesurée en Kg à l'aide d'un dynamomètre.

L'endurance isotonique lors de l'extension de jambe : variable ouverte définie par le nombre maximum de répétitions à 50 % de force maximale pendant une minute.

L'endurance isométrique lors de l'extension de jambe : variable ouverte définie par le temps mesuré en seconde lors d'une extension de la jambe contre résistance. La mesure est réalisée avec un dynamomètre pour jauger la force exercée au cours de l'effort. Une fois le seuil de 50 % de la force maximale atteint, un chronomètre sera déclenché afin de mesurer le temps de maintien de cette force. La mesure s'arrêtera lorsque le sujet atteindra à nouveau le seuil des 50 % de la force maximale initiale.

La force isométrique maximale lors de la flexion de jambe : variable ouverte définie par la résistance maximale pouvant être soulevée avec une technique correcte sur l'ensemble de l'amplitude de mouvement, mesurée en Kg à l'aide d'un dynamomètre.

L'endurance isotonique lors de la flexion de jambe : variable ouverte définie par le nombre maximum de répétitions de répétitions à 50 % de force maximale pendant une minute.

La force isométrique maximale lors de la flexion de l'épaule : variable ouverte définie par la résistance maximale pouvant être soulevée avec une technique correcte sur l'ensemble de l'amplitude de mouvement, mesurée en Kg à l'aide d'un dynamomètre.

L'endurance isotonique lors de la flexion de l'épaule : variable ouverte définie par le nombre maximum de répétitions à 50 % de force maximale pendant une minute.

L'endurance isométrique lors de la flexion de l'épaule : variable ouverte définie par le temps mesuré en seconde lors d'une extension de la jambe contre résistance. La mesure est réalisée avec un dynamomètre pour jauger la force exercée au cours de l'effort. Une fois le seuil de 50 % de la force maximale atteint, un chronomètre sera déclenché afin de mesurer le temps de maintien de cette force. La mesure s'arrêtera lorsque le sujet atteindra à nouveau le seuil des 50 % de la force maximale initiale.

La force isométrique maximale lors de presse pectorale : variable ouverte définie par la résistance maximale pouvant être soulevée avec une technique correcte sur l'ensemble de l'amplitude de mouvement, mesurée en Kg à l'aide d'un dynamomètre.

L'endurance isotonique lors de presse pectorale : variable ouverte définie par le nombre maximum de répétitions réalisées de répétitions à 50 % de force maximale pendant une minute.

I. Plan et déroulement de l'étude :

1. Travail de récupération de lever de sol :

Ce travail était mis en œuvre au sein de l'unité de réhabilitation du service de pneumophtisiologie de l'hôpital Ben Deghine Ali, sous la supervision d'un kinésithérapeute spécialisé avec un objectif qui portera sur la récupération de la capacité de lever du sol chez les patients BPCO. Les participants ont reçu une explication détaillée des procédures, et leur consentement éclairé a été recueilli avant le début du protocole à l'aide d'une fiche dédiée (Annexe 1). Après une évaluation initiale réalisée par un médecin, les patients étaient inclus dans le programme de réhabilitation « SLS » comprenant une série de répétitions de lever du sol avec assistance graduelle. Des supports étaient proposés afin de faciliter l'exécution des mouvements et d'assurer une progression sécurisée. Ces exercices étaient associés à des séquences de redressement postural.

Une fois que le patient avait acquis la capacité de réaliser 8 à 10 lever du sol une phase d'auto-rééducation à domicile était mise en place par la suite, favorisant l'autonomie durable du patient dans la gestion de sa rééducation. Des évaluations téléphoniques intermédiaires réalisées aux jours 21 et 42, permettront de suivre à distance l'évolution de sa capacité de lever du sol, ces données seront collectées dans une fiche de recueil intermédiaire (Annexe 3).

Enfin, une évaluation finale, reprenant les mêmes tests de l'évaluation initiale, était réalisée afin d'évaluer l'efficacité globale du programme de réhabilitation (Annexe 4).

2. Programme de séries du lever de sol :

- Les 3 premières semaines : phase initiale qui sert à acquérir une base fonctionnelle, l'objectif à viser est de 7-15 levers de sol minimum par jour avec assistance acceptée.
- Les 3 semaines intermédiaires : un objectif de 15-22 levers de sol par jour à atteindre avec assistance acceptée.
- Les 3 dernières semaines : phase de consolidation des acquis avec un maintien de niveau de performance de 22 levers de sol par jour sans assistance.

Une période de recrutement de 03 mois est attendue prévus pour commencer en Décembre 2024 et se poursuivre jusqu'à février 2025.

Le rythme d'évaluations et de recueil des données des participants a été réalisé selon le calendrier illustré dans le (Tableau 1).

Tableau 1: Planification des évaluations et du recueil des données des participants.

	Période d'étude			
	Evaluation initiale J0	Evaluation intermédiaire 1 J21	Evaluation intermédiaire 2 J42	Evaluation finale J63
Consentement éclairé	X			
Examen clinique	X			X
Examen ostéoarticulaire	X			X
IMC	X			X
Moyenne de lever de sol		X	X	X
Adhérence		X	X	X
Stadification du BPCO (GOLD) (A, B, E)	X			X
La dyspnée				
mMRC	X			X
Borg modifié 10	X	X	X	X
Qualité de vie " CAT "	X			X
Performance Pulmonaire (Spirométrie)	X			X
Performances fonctionnelles de base				
TM6	X			X
1min STS	X			X
Timed up and go	X			X
Distance main sol	X			X
Force isométrique des quadiceps	X			X
Endurance isométrique des quadiceps	X			X
Tests de la force isotoniques	X			X
Tests de l'endurances isotoniques	X			X
BODE	X			X

IMC : Indice de masse corporelle ; mMRC Échelle de dyspnée mMRC (modified Medical Research Council) ; Borg CR10 Echelle de Borg modifiée (The Borg Category-Ratio scale) ; CAT (The COPD Assessment Test (CAT)) ; TM6 Test de marche 6 min ; 1 min STS (1-min sit-to-stand test) ; The BODE index (Body mass index, airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise capacity).

3. Outils de mesure :

a. Performance pulmonaire et caractéristiques de base :

Un test de fonction pulmonaire spirométrie, effectué sous bronchodilatateurs sera réalisé conformément aux directives déterminant le VEMS, CVF, et l'indice de Tiffeneau.

Les mesures anthropométriques comprendront la taille, le poids et l'indice de masse corporelle.

b. Performance fonctionnelle de base :

Le test de lever de chaise 01 minute : Les participants seront sollicités à effectuer des séries de lever et de s'asseoir, le maximum de fois dans 60 secondes. Les bras seront croisés sur la poitrine avec un contact complet des deux pieds avec le sol. Le nombre de répétitions effectuées en 60 seconds définis le résultat du test.

Test de marche de 6 minutes : Les participants seront invités de marcher pendant 6 minutes après un repos de 10 à 15 minutes, aller et retour dans un couloir qui doit mesurer 30 m de long. Arpenter le couloir une fois dans les deux sens est considéré comme un tour (60 m) au rythme que qu'ils choisissent sans courir. Le couloir doit être clairement balisé tous les 5 m, la ligne de départ marque le début et la fin de chaque tour doit être clairement délimitée sur le sol à l'aide d'un ruban adhésif de couleur vive. Les patients doivent signaler tout symptôme de type essoufflement anormal, douleur dans la poitrine, vertiges, malaise, etc., ce test est pratiqué en mesurant, tout au long de la marche, les pulsations cardiaques et la saturation en oxygène.

Distance main-sol : le patient se tiendra debout, les pieds joints penchant son buste en avant et gardant les genoux tendus jusqu'à ressentir une légère tension, on mesure la distance en cm entre le bout de majeur et le sol à l'aide d'un mètre ruban.

Timed up and go : le patient se lèvera d'une chaise, marchera trois mètres, tournera et s'assiéra à nouveau tout en mesurant le temps d'effectuer ce test. Si le temps est supérieur à 11 secs, le patient n'a pas une bonne mobilité fonctionnelle, n'a pas une bonne vitesse avec un risque de chute élevé.

c. Evaluation de la force musculaire et de l'endurance :

Ces évaluations seront effectuées en pré et en post programme « SLS » qui dure 09 semaines permettront d'analyser les progrès réalisés et les effets de cet entraînement.

La flexion de jambe sera testée en plaçant les participants en position assise le dos droit avec une rigide sangle de cheville (ou élastiqué de résistance) placé(e) au-dessus de la cheville, ajustée de sorte que l'amplitude de mouvement de l'articulation du genou va de l'extension à une flexion sans inconfort au niveau de la cheville. Les bras seront maintenus sur une chaise afin de soutenir l'équilibre. La position de départ pour le test sera avec le genou en extension, le participant fléchit sa jambe en maintenant la résistance contre la bande toute en gardant l'autre jambe tendu.

L'extension de jambe sera testée en position assise, une rigide sangle de cheville (ou élastiqué de résistance) placé(e) au-dessus de cheville, Les genoux en flexion et les pieds surélevés par rapport au sol, la position finale sera en extension maximale individuelle.

La flexion des épaules sera testée en position debout, une sangle rigide (ou élastiqué de résistance) sera ancrée au mur à la hauteur des chevilles le participant commencera avec les bras pendant vers le sol, avec un coude complètement étendu, puis effectuera l'antépulsion défini par

la flexion de l'épaule dans le plan sagittal jusqu'à atteindre un maximum de flexion en maintenant l'élastique en main, puis retournera à la position de départ.

La presse pectorale : sera évaluée en position assise, le dos droit opposant les points de fixation. Une sangle rigide (ou élastique de résistance) sera fixée au mur à la hauteur des épaules, le dos devra être fermement appuyé contre le dossier de la chaise, les coudes étant fléchis au niveau du sternum. Le participant tirera sur l'élastique jusqu'à atteindre l'extension complète des coudes.

d. Les appareils :

Dynamomètre : capteur de force portable à haute résolution de la marque SHAHE®, série de AMF avec une capacité maximale de 50Kg utilise pour mesure de poussée en Kg. (Figure 1)



Figure 1: Dynamomètre SHANE série AMF (NS : 430402125x).

Impédance mètre bioélectrique : moniteur de composition corporelle de la marque OMRON BF508 permettant de mesurer le poids, IMC, masse grasseuse et la graisse viscérale. (Figure 2)



Figure 2: Impédancemètre bioélectrique OMRN BF508 (HBR-508-E).

EFR : spiromètre de bureau à turbine 0-28mm digital bidirectionnel de la marque COSMED avec un équipement standard fait de : Unité, turbine T2, pression line, embouts cartons (adultes et pédiatriques 20 et 5 pièces), adaptateur embouts pédiatriques, valisette de transport, embout conique, filtres antibactériens (5 pièces), câble USB, adaptateur secteur, pince-nez (2 pièces), papier thermique (2 rouleaux), logiciel PC (OMNIA). (Figure 3)



Figure 3: COSMED spirometer à turbine pony FX.

J. Considération éthique :

Les données ont été recueillies avec l'accord des patients, un consentement éclairé est obtenu pour participer à l'étude (Annexe 1). Leur participation était entièrement volontaire et n'a en aucun cas influencé la qualité des consultations ou des soins prodigués. Par ailleurs, la confidentialité des informations personnelles des patients a été rigoureusement assurée tout au long de l'étude.

K. Plan d'analyse statistique :

La saisie des données a été réalisée, à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2016. L'analyse statistique a été faite par l'encadreur à partir du langage de programmation R, version 4.2.2. Le seuil de signification des tests statistiques a été fixé à $p < 0,05$.

Une analyse descriptive des différentes caractéristiques a été réalisée en rapportant les effectifs et les pourcentages selon les catégories des différentes variables qualitatives ; les variables quantitatives ont été exprimées par leurs médianes (avec l'écart interquartile). Une description de la distribution de ces caractères entre les participants ayant adhérer au programme SLS et les sujets non adhérant au programme SLS. Des tests statistiques formels ont été réalisés pour comparer la distribution et la valeur p a été rapportée pour chaque variable. La comparaison de deux ou plusieurs groupes selon les variables qualitatives a été effectuée par le test de χ^2 , ou par le test exact de Fisher, lorsque les conditions de réalisation du test de χ^2 n'étaient pas remplies. Pour les variables quantitatives, le test U de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer deux groupes selon les variables quantitatives qui ne suivent pas la distribution normale.

VI. RESULTATS

A. Les caractères sociodémographiques et anthropométriques :

Cette étude a été effectuée sur un échantillon de 15 patients suivi pour une BPCO souffrant d'une limitation de lever de sol, se présentant au niveau des trois points de consultations concernés par cette étude durant la période allant du 01/12/2024 jusqu'à 28/02/2025.

Une proportion 46.67 % de la population d'étude a pu achever la totalité du protocole atteignant de manière régulière une série de 22 levés de sol quotidienne. Bien que 53,34 % des patients n'aient pas pu adhérer au programme SLS, l'engagement de ceux qui y ont participé s'est réparti comme suit : quatre d'entre eux ont effectué entre 0 et 6 levés de sol, deux entre 7 et 14, et les deux derniers entre 15 et 21.

L'âge médian de l'ensemble de la population étudiée était de 67,93 ans (s : 9,51). En analysant selon le statut d'adhésion, l'âge médian était de 66,14 ans (s : 9,58) chez les participants adhérents et de 69,50 ans (s : 9,81) chez les non-adhérents. (Tableau 2)

Tableau 2 : Les principaux caractères sociodémographiques des sujets incluses selon l'adhésion au protocole SLS.

	Population d'étude	Adhérents	Non-Adhérents	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Âge ^a	67.93 (9.51)	66.14 (9.58)	69.50 (9.81)	0.516
Sexe masculin (%)	13 (86.67%)	7 (100.00%)	6 (75.00%)	0.509
Tabagisme (%)	13 (86.67%)	7 (100.00%)	6 (75.00%)	0.509
Indice Paquet-Années ^b	40.00 [24.00-55.00]	45.00 [32.00-57.50]	27.50 [21.25-40.50]	0.391
Sevrage tabagique ^b	4.00 [2.00-6.00]	2.00 [1.20-12.00]	4.50 [2.50-5.75]	0.773
Niveau Socio-économique (%)^b				0.988
Bas	2 (13.33%)	1 (14.29%)	1 (12.50)	
Moyen	11 (73.33%)	5 (71.43%)	6 (75.00)	
Bon	2 (13.33%)	1 (12.50%)	1 (12.50)	
Distance domicile-hôpital (km) ^b	2.30 [1.90, 3.60]	3.20 [2.25, 3.85]	2.15 [1.70, 3.40]	N/A
Absence transport personnel (%)^b	10 (66.67)	5 (71.43)	5 (62.50)	N/A
Présence de soutien social (%)^b	7 (53.85)	5 (71.43)	2 (33.33)	0.415
Distance Domicile-Hôpital (km)^b	2.30 [1.90, 3.60]	3.20 [2.25, 3.85]	2.15 [1.70, 3.40]	N/A

^a Variable exprimée en moyenne avec intervalle de confiance.

^b Variable exprimée en et écarts interquartiles IQR.

Concernant les paramètres sociodémographiques, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les groupes « adhérents » et « non-adhérents ». Le sexe masculin a représenté la majorité dans l'ensemble de l'échantillon, représentant 86,67 % des participants (p = 0,509). De plus, 13,33 % des participants étaient des fumeurs actifs au moment de l'inclusion contre 73,33% d'anciens fumeurs, et l'indice paquet-années médian était de 40,00 [intervalle

interquartile (IQR) : 24,00–55,00]. La durée médiane de sevrage tabagique était de 4,00 ans [IQR : 2,00–6,00]. En ce qui concerne le niveau socio-économique, la majorité des participants (73,33 %) se situaient à un niveau moyen.

Également à propos d'entraide social, les patients adhérents tendaient à apporter plus fréquemment un soutien social (71.43%) que les non-adhérents (33.33%), sans différence marquable ($p=0.415$).

Les données anthropométriques recueillies à l'inclusion étaient comparables entre les deux groupes. Aucune distribution particulière des variables du poids ($p = 0,487$), la taille ($p = 0,487$), l'indice de masse corporelle (IMC) ($p = 0,643$), la masse adipeuse ($p = 0,564$) ou la masse graisseuse viscérale ($p = 0,564$). (Tableau 3)

Tableau 3: Médianes des paramètres anthropométriques des sujets inclus entre adhérent et non adhérents et leurs évolutions.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Poids J0 (kg)	68.00 [50.25, 88.50]	70.00 [59.95, 84.00]	62.90 [47.33, 89.75]	0.487
IMC J0	22.50 [18.55, 30.95]	23.60 [21.50, 30.00]	21.85 [16.23, 31.00]	0.643
Masse Adipeuse J0 (%)	21.00 [19.10, 28.30]	21.00 [17.05, 24.65]	36.70 [27.90, 45.50]	0.564
Graisse Viscérale J0	11.00 [10.00, 19.00]	11.00 [10.50, 15.50]	12.00 [8.50, 15.50]	0.564
Poids J63 (kg)	67.00 [52.70, 89.75]	68.80 [60.50, 82.15]	56.80 [47.50, 88.62]	0.563
IMC J63	22.40 [17.40, 30.30]	23.70 [21.85, 30.30]	20.30 [16.28, 30.58]	0.487
Masse Adipeuse J63	29.20 [20.50, 30.80]	24.85 [20.02, 29.60]	53.90 [53.90, 53.90]	0.157
Graisse Viscérale J63	18.00 [14.00, 18.00]	16.00 [12.75, 18.25]	18.00 [18.00, 18.00]	0.717
Différence Poids J0-J63 (kg)	0.30 [-1.90, 2.45]	0.80 [-1.65, 2.45]	0.00 [-1.60, 1.28]	0.562
Différence IMC J0-J63	0.00 [-0.50, 0.55]	0.10 [-0.50, 0.90]	0.00 [-0.30, 0.23]	0.561

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR.

B. Variables liées aux antécédents des sujets inclus :

La fréquence de l'hypertension artérielle (HTA), était faible dans les deux groupes, avec un pourcentage similaire entre les adhérents (71,43 % sans HTA) et les non-adhérents (75,00 % sans HTA) ($p= 1,000$).

En ce qui concerne le diabète traité par antidiabétiques oraux (ADO), une prévalence plus élevée a été observée chez les adhérents (28,57 %) par rapport aux non-adhérents (12,50 %). Cependant, cette différence, bien que notable en termes de pourcentage, n'était pas statistiquement significative ($p = 0,897$).

Parmi l'ensemble des patients inclus, trois participants du groupe non adhérent présentaient des comorbidités associées (Tableau 4). Un patient était atteint d'asthme bronchique, un autre

présentait une cardiomyopathie hypertrophique, et le troisième était suivi pour une dermatomyosite.

Tableau 4: Distribution des comorbidités selon l'adhérence au protocole.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Asthme bronchique (%)	1 (6.67%)	0 (00.00%)	1 (12.50%)	1.000
Hypertension artérielle (%)	4 (26.67%)	2 (28.57%)	2 (25.00%)	1.000
Diabète (sous ADO) (%)	3 (20.00%)	2 (28.57%)	1 (12.50%)	0.897

Les variables sont exprimées en pourcentage.

C. Variables liées à la dyspnée et la qualité de vie :

À l'inclusion (J0), les scores mMRC étaient similaires entre les groupes, tandis que le non adhérent présentait un score de Borg initialement plus bas estimé à 3.50 [2.75, 5.00] (p=0.047).

Cependant, l'analyse des différences significatives entre les groupes sont objectivés à J63 pour les deux échelles, pour le score mMRC, l'adhérent a montré une meilleure réduction statistiquement significative à J63 (p=0,011). Pour le Borg, le groupe non adhérent a montré le score le plus bas à J63 (p=0,021).

Concernant la variation des scores à 63 jours par rapport à l'inclusion, tous les groupes ont montré une amélioration médiane du score mMRC sans différence significative entre les groupes quant à l'ampleur de cette amélioration (p= 0.178). Également, les deux groupes ont montré une augmentation médiane du score de Borg, de même sans différence significative entre les groupes (p=0.227). (Tableau 5)

Tableau 5: Médianes des paramètres du score mMRC et du Borg 10 des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Score mMRC J0	3.00 [2.00, 4.00]	3.00 [2.00, 3.00]	3.50 [2.50, 4.00]	0.334
Score de Borg J0	5.00 [3.50, 5.00]	5.00 [4.50, 5.50]	3.50 [2.75, 5.00]	0.047
Score de Borg J21	5.00 [5.00, 7.00]	5.00 [5.00, 8.00]	5.50 [4.25, 6.75]	0.300
Score de Borg J42	6.00 [5.00, 8.00]	6.00 [6.00, 9.00]	5.50 [5.00, 7.50]	0.165
Score mMRC J63	2.00 [1.00, 2.50]	1.00 [1.00, 1.50]	2.50 [2.00, 3.00]	0.011
Score de Borg J63	6.00 [4.50, 8.00]	8.00 [6.00, 9.00]	4.50 [4.00, 6.25]	0.021
Différence mMRC J0-J63	-1.00 [-2.00, -0.50]	-2.00 [-2.00, -1.00]	-1.00 [-1.25, 0.00]	0.178
Différence Borg J0 -J63	2.00 [1.50, 3.00]	3.00 [2.00, 3.00]	2.00 [0.75, 3.00]	0.227

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR.

mMRC: Modified Medical Research Council; Borg10: échelle de Borg modifiée.

La médiane du score CAT initial à J0 était comparable entre les deux groupes, avec 19.00 [15.00, 23.00] chez les adhérents et 23.00 [18.75, 24.75] chez les non adhérents ($p=0.324$). Parmi les différentes questions du score CAT, les deux symptômes « sommeil » et « oppression thoracique » montrait une différence significative chez les non-adhérents avec ($p = 0,049$) et ($p=0.055$) respectivement témoignant d'un état de base plus altérée chez ce groupe.

À l'issue du protocole en J63, une amélioration significative du score CAT total a été observée, avec une réduction plus marquée chez les patients adhérents ($p=0.009$).

Les items « essoufflement » ($p= 0.003$), « limitation des activités » ($p=0.011$), « sommeil » ($p=0.042$) et « énergie » ($p=0.056$) se sont significativement améliorées chez les adhérents.

La variation globale du score CAT entre J0 et J63, bien que plus favorable chez les adhérents, mais n'atteignait pas le seuil de significativité statistique ($p = 0,147$). (Tableau 6)

Tableau 6: Médianes des paramètres du score COPD Assesment Test (CAT) des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Score CAT total J0	21.00 [17.00, 24.50]	19.00 [15.00, 23.00]	23.00 [18.75, 24.75]	0.324
Toux J0	2.00 [1.50, 3.00]	2.00 [1.50, 3.00]	2.00 [1.75, 2.50]	0.902
Expectorations J0	2.00 [1.00, 2.50]	2.00 [1.00, 2.00]	1.50 [1.00, 3.25]	0.856
Oppression thoracique J0	1.00 [1.00, 2.00]	1.00 [1.00, 1.00]	2.00 [1.00, 2.50]	0.055
Essoufflement J0	4.00 [2.00, 4.50]	3.00 [2.00, 4.00]	4.00 [3.50, 5.00]	0.282
Limitation des activités J0	3.00 [2.00, 4.00]	2.00 [2.00, 3.50]	3.50 [2.00, 4.00]	0.551
Inquiétude J0	3.00 [2.00, 4.50]	2.00 [2.00, 4.50]	3.00 [2.00, 3.50]	0.858
Sommeil J0	3.00 [1.50, 3.50]	2.00 [1.00, 3.00]	3.50 [2.75, 4.00]	0.049
Énergie J0	3.00 [3.00, 3.00]	3.00 [3.00, 3.50]	3.00 [2.50, 3.00]	0.563
Score CAT total J63	14.00 [10.00, 18.50]	9.00 [7.50, 13.50]	18.50 [15.25, 21.50]	0.009
Toux J63	1.00 [1.00, 2.00]	1.00 [0.50, 1.50]	1.50 [1.00, 2.25]	0.218
Expectorations J63	1.00 [1.00, 1.50]	1.00 [1.00, 1.00]	1.00 [0.75, 2.00]	0.702
Oppression thoracique J63	1.00 [0.50, 2.00]	1.00 [0.50, 1.50]	2.00 [0.75, 3.00]	0.210
Essoufflement J63	2.00 [1.50, 3.00]	1.00 [1.00, 2.00]	3.00 [2.75, 4.00]	0.003
Limitation des activités J63	2.00 [2.00, 3.50]	2.00 [1.50, 2.00]	3.50 [2.75, 4.00]	0.011
Inquiétude J63	2.00 [1.00, 3.00]	2.00 [1.00, 2.00]	2.50 [1.75, 3.25]	0.152
Sommeil J63	1.00 [1.00, 2.00]	1.00 [0.00, 1.50]	2.00 [1.00, 3.00]	0.042
Energie J63	2.00 [1.00, 3.00]	1.00 [0.50, 2.00]	3.00 [1.75, 3.00]	0.056
Différence du Score CAT total J0-J63	-6.00 [-10.50, -1.50]	-8.00 [-11.50, -5.00]	-4.00 [-8.50, 0.75]	0.147

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR

CAT : COPD Assesment Test ; J0 : jour d'inclusion ; J63 : jour de l'évaluation finale.

D. Variables liées à la fonction respiratoire :

À l'inclusion J0, les valeurs médianes du VEMS post-bronchodilatateur montraient une tendance équivalente dans les deux groupes : le groupe adhérent : 41,00% [26,50-46,00], le groupe non adhérent : 33,00% [27,25-52,25], $p=0,817$). De même, aucune variation notable n'a été relevée pour la CVF post-bronchodilatateur ($p=0,643$) et l'indice de Tiffeneau ($p=0,685$).

À J63, les paramètres respiratoires restaient similaires entre les groupes, sans évolution observée avec VEMS ($p=0,816$), CVF ($p=0,862$) et Tiffeneau ($p=0,817$).

L'analyse des variations entre J63 et J0 n'a pas pu être confirmée. Cependant, on note une tendance à une diminution plus marquée dans les différences du VEMS et de la CVF entre J0 et J63 chez les deux groupes adhérent et non adhérent respectivement VEMS j0-j63 : -1.00 [-2.50, 1.50] vs -5,00% [-12,75-1,00] ($p=0,352$) et CVF j0-j63 : -4,00% [-10,75-1,00] vs 1.00 [-1.50, 5.00] ($p=0,104$). Bien que ces variations ne soient pas significatives mais une altération discrète mais perceptible a été notée fonctionnelle dans le groupe non adhérent. (Tableau 7)

Tableau 7 : Médianes des paramètres de la fonction respiratoire des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
VEMS post-BD J0 ^a	33.00 [26.50, 55.00]	41.00 [26.50, 46.00]	33.00 [27.25, 52.25]	0.817
CVF post-BD J0 ^a	59.00 [41.00, 65.50]	59.00 [43.00, 63.50]	56.50 [41.75, 79.25]	0.643
Indice de Tiffeneau post-BD J0 (%)	67.00 [49.50, 98.50]	67.00 [56.50, 86.50]	74.50 [46.50, 97.25]	0.685
VEMS post-BD J63 ^a	34.00 [24.00, 44.50]	35.00 [27.00, 44.50]	31.50 [28.00, 43.50]	0.816
CVF post-BD J63 ^a	54.00 [41.00, 65.50]	55.00 [45.50, 62.00]	52.50 [42.00, 67.75]	0.862
Indice de Tiffeneau post-BD J63 (%)	62.00 [50.50, 92.50]	63.00 [49.50, 88.00]	61.00 [51.75, 90.25]	0.817
Différence VEMS post-BD J63 - J0 ^a	-1.00 [-8.00, 1.00]	-1.00 [-2.50, 1.50]	-5.00 [-12.75, 1.00]	0.352
Différence CVF post-BD J63 - J0 ^a	0.00 [-7.50, 1.50]	1.00 [-1.50, 5.00]	-4.00 [-10.75, 1.00]	0.104
Différence Tiffeneau postBD J0-J63(%)	0.00 [-5.00, 3.50]	0.00 [-5.00, 3.00]	1.00 [-5.00, 5.25]	0.642

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR.

^a : % de la valeur prédite ; VEMS : Volume Expiratoire Maximal Seconde ; CVF : Capacité Vitale Forcée ; BD : bronchodilatateur J0 : jour d'inclusion ; J63 : jour de l'évaluation finale.

E. Variables liées à la performances fonctionnelles de base :

A l'inclusion le TM6 a marqué une différence notable ($p=0.037$), les patients adhérents présentaient une meilleure performance avec une médiane de 330.00 m [IQR : 317.50, 357.50]) par rapport aux patients non-adhérents (médiane : 261.00 m [IQR : 172.50, 288.75]). Le groupe total se situait à 300.00 m [IQR : 236.00, 332.50].

Le test de lever de chaise (STS) ($p=0.114$) et le Timed Up and Go test (TUG) ($p=0.199$) n'ont pas révélé de différences entre les groupes à J0, bien qu'une tendance à une meilleure performance (plus de levers pour STS, temps plus court pour TUG) soit observée chez les adhérents. De plus, la comparaison entre les groupes n'a pas montré de variation marquée de la distance main-sol (Adhérents : 8.00 [0.00, 9.60] et Non-adhérents : 0.50 [0.00, 12.00] ; $p=1.000$).

A J63 le Timed Up and Go test (TUG) a constaté une différence remarquable, les patients adhérents ont réalisé le test plus rapidement (médiane : 11.40 s [IQR : 10.50, 13.10]) que les patients non-adhérent (médiane : 16.80 s [IQR : 14.00, 18.47]).

Pour le TM6, la différence observée à J0 n'était plus significative à J63 ($p=0.270$), bien que les patients adhérents (344.00 m [205.00, 375.00]) tendent toujours à mieux performer que les non-adhérents (210.00 m [150.00, 270.00]).

La distance main sol avec le STS reste toujours non déterminant chez les deux groupes ($p=1.000$ et $p=0.104$) respectivement. Même si, pour le STS, les adhérents semblaient réaliser plus de levers 14.00 [11.00, 16.00] contre les non adhérents 9.50 [8.75, 12.75].

Également, l'analyse de l'évolution de J0 à J63 pour distance main-sol ($p=0.714$), le TM6 ($p=0.728$), le STS ($p=0.769$) et le TUG ($p=0.728$) n'a confirmé aucune différence statistiquement significative entre les groupes. (Tableau 8)

Tableau 8 : Médianes des paramètres de performances fonctionnelles de base des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
DMS J0 (cm)	1.00 [0.00, 10.10]	8.00 [0.00, 9.60]	0.50 [0.00, 12.00]	1.000
TM6 J0 (m)	300.00 [236.00, 332.50]	330.00 [317.50, 357.50]	261.00 [172.50, 288.75]	0.037
STS Test J0 ^a	11.00 [10.00, 14.00]	12.00 [11.00, 16.50]	10.50 [8.75, 12.00]	0.114
TUG Test J0(s)	12.50 [12.00, 16.10]	12.00 [10.50, 13.85]	14.50 [12.00, 17.45]	0.199
DMS J63(cm)	0.00 [0.00, 7.00]	0.00 [0.00, 7.00]	0.00 [0.00, 8.00]	1.000
TM6 J63 (m)	240.00 [165.00, 360.00]	344.00 [205.00, 375.00]	210.00 [150.00, 270.00]	0.270
STS Test J63 ^a	11.00 [9.50, 15.00]	14.00 [11.00, 16.00]	9.50 [8.75, 12.75]	0.104
TUG Test J63(s)	14.40 [11.45, 18.00]	11.40 [10.50, 13.10]	16.80 [14.00, 18.47]	0.017
Différence DMS J0-J63 (cm)	0.00 [-2.10, 0.00]	0.00 [-4.60, 0.00]	0.00 [-1.50, 0.00]	0.714
Différence TM6 J0-J63 (m)	-10.00 [-47.50, 27.50]	-10.00 [-72.50, 19.50]	-16.00 [-43.75, 40.62]	0.728
Différence STS Test J0-J63 ^a	0.00 [-1.50, 3.00]	0.00 [-1.50, 3.00]	-0.50 [-1.50, 3.00]	0.769
Différence TUG Test J0-J63 (s)	0.40 [-2.00, 2.65]	-1.00 [-2.15, 2.65]	0.60 [-0.50, 1.35]	0.728

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR.

DMS : Distance main-sol ; TM6 : Test de marche de 6 minutes ; STS : Sit-to-Stand Test (test de lever de chaise) ;

TUG : Timed Up and Go Test ; J0 : jour de l'évaluation initiale ; J63 : jour de l'évaluation finale.

^a nombre de répétitions.

F. Variables liées à la force et à l'endurance :

Lors de l'évaluation initiale (J0), des différences significatives ont été observées entre les groupes adhérents et non-adhérents concernant certaines capacités musculaires, notamment au niveau des membres inférieurs. Les adhérents présentaient une force maximale plus élevée en flexion de jambe 1RM ($p = 0.024$) (18.00 [16.58–23.40]) et (13.10 [11.32–15.00]) respectivement ainsi qu'une performance supérieure en endurance isotonique lors de l'extension du jambe 50RM (37.00 [24.50–41.00] vs 19.50 [13.50–23.50], $p = 0.028$). L'extension maximale de jambe a

également présenté une tendance en faveur des adhérents, sans atteindre le seuil de signification statistique 1RM ($p = 0.082$).

En revanche, aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée pour les autres groupes musculaires, notamment au niveau des épaules et des pectoraux, bien que certaines tendances soient observées (par exemple, une meilleure force maximale lors la presse pectorale 1RM chez les adhérents : 23.50 [19.50–25.60] vs 17.75 [16.12–22.55], ($p = 0.224$). (Tableau 9)

Tableau 9: Médianes des paramètres de la force et de l'endurance des patients à l'inclusion des sujets selon l'adhérence.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Flexion jambe 1RM J0	15.75 [13.10, 18.70]	18.00 [16.58, 23.40]	13.10 [11.32, 15.00]	0.024
Flexion jambe 50RM J0	18.00 [10.45, 30.85]	19.20 [15.35, 29.80]	11.20 [8.50, 29.68]	0.298
Extension jambe 1RM J0	26.00 [21.30, 27.60]	26.80 [26.15, 29.40]	21.95 [18.62, 24.95]	0.082
Extension jambe 50RM J0	39.00 [24.00, 49.55]	34.80 [27.00, 53.95]	39.25 [21.75, 45.08]	0.563
Extension jambe 50RM	23.00 [19.50, 37.00]	37.00 [24.50, 41.00]	19.50 [13.50, 23.50]	0.028
Isotonique J0				
Flexion d'épaule 1RM J0	10.00 [7.90, 12.40]	11.40 [9.20, 13.50]	9.05 [7.57, 12.20]	0.298
Flexion d'épaule 50RM J0	18.60 [15.25, 34.50]	17.30 [11.80, 30.00]	20.80 [18.17, 38.92]	0.418
Flexion d'épaule 50RM	21.00 [18.00, 30.00]	20.00 [17.00, 31.00]	21.00 [18.50, 24.75]	1.000
Isotonique J0				
Pectoral 1RM J0	21.50 [17.05, 25.45]	23.50 [19.50, 25.60]	17.75 [16.12, 22.55]	0.224
Pectoral 50RM J0	22.30 [13.45, 31.50]	22.30 [14.15, 31.50]	24.75 [8.58, 33.38]	0.563

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR ; J0 : jour d'inclusion ; Flexion jambe 1RM : la force isométrique maximale lors de la flexion de jambe ; Flexion jambe 50RM : l'endurance isométrique lors de la flexion de jambe ; Extension jambe 1RM : la force isométrique maximale lors de l'extension de jambe ; Extension jambe 50RM : l'endurance isométrique lors de l'extension de jambe ; Extension jambe 50RM Isotonique : l'endurance isotonique lors de l'extension de jambe ; Flexion épaule 1RM : la force isométrique maximale lors de la flexion de l'épaule ; Flexion épaule 50RM : l'endurance isométrique lors de la flexion de l'épaule ; Flexion épaule 50RM isotonique : l'endurance isotonique lors de la flexion de l'épaule ; Pectoral 1RM : la force isométrique maximale lors de la presse pectorale ; Pectoral 50RM : l'endurance isométrique lors de la presse pectorale ; 1RM : répétitions maximale ; 50 RM : endurance à 50 % de force maximale.

À j63 des différences significatives de performance musculaire ont été principalement au niveau des membres inférieurs. Les adhérents ont maintenu la force maximale lors la flexion du jambe 1RM ($p = 0,043$) (17,60 [15,25–19,25] vs 10,35 [5,35–13,85]). Une tendance comparable, bien que non significative, a été observée en extension maximale de la jambe 1RM ($p = 0,105$).

À l'inverse, les non-adhérents ont obtenu des résultats plus élevés de l'endurance isométrique en extension de jambe 50RM 41,65 [29,32–58,83] vs 23,40 [21,30–35,05], $p = 0,028$. Bien qu'aucune différence n'ait été observée pour les autres mesures de force au niveau des épaules et des pectoraux, certaines variables telles que la force maximale en flexion d'épaule 1RM ($p = 0,093$) et

l'endurance isotonique de flexion d'épaule 50 RM ($p=0.638$) montraient une évolution favorable chez les participants adhérents. (Tableau 10)

Tableau 10 : Médianes des paramètres de la force et l'endurance des patients à la fin du programme selon l'adhérence.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Flexion jambe 1RM J63	13.50 [10.35, 18.25]	17.60 [15.25, 19.25]	10.35 [5.35, 13.85]	0.043
Flexion jambe 50RM J63	21.00 [16.30, 39.50]	21.00 [15.45, 26.30]	29.95 [16.52, 41.10]	0.487
Extension jambe 1RM J63	24.00 [16.35, 27.85]	27.70 [21.75, 29.65]	19.15 [14.58, 24.85]	0.105
Extension jambe 50RM J63	30.00 [25.20, 51.45]	23.40 [21.30, 35.05]	41.65 [29.32, 58.83]	0.028
Extension jambe 50RM Isotonique J63	25.00 [18.50, 29.00]	29.00 [22.50, 33.00]	21.00 [16.25, 25.50]	0.223
Flexion d'épaule 1RM J63	13.00 [9.20, 15.85]	13.40 [11.70, 19.55]	10.70 [6.90, 13.44]	0.093
Flexion d'épaule 50RM J63	23.80 [14.35, 33.55]	16.00 [14.35, 39.90]	24.85 [20.20, 32.23]	0.728
Flexion d'épaule 50RM Isotonique J63	21.00 [15.00, 28.00]	25.00 [15.50, 30.00]	21.00 [15.00, 25.25]	0.638
Pectoral 1RM J63	20.70 [16.40, 22.10]	21.90 [20.20, 23.75]	17.65 [14.88, 21.65]	0.132
Pectoral 50RM J63	23.70 [20.25, 38.85]	23.20 [14.25, 29.30]	25.95 [23.38, 53.00]	0.183

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR ; J63 : jour d'évaluation finale ; Flexion jambe 1RM : la force isométrique maximale lors de la flexion de jambe ; Flexion jambe 50RM : l'endurance isométrique lors de la flexion de jambe ; Extension jambe 1RM : la force isométrique maximale lors de l'extension de jambe ; Extension jambe 50RM : l'endurance isométrique lors de l'extension de jambe ; Extension jambe 50RM Isotonique : l'endurance isotonique lors de l'extension de jambe ; Flexion épaule 1RM : la force isométrique maximale lors de la flexion de l'épaule ; Flexion épaule 50RM : l'endurance isométrique lors de la flexion de l'épaule ; Flexion épaule 50RM isotonique : l'endurance isotonique lors de la flexion de l'épaule ; Pectoral 1RM : la force isométrique maximale lors de la presse pectorale ; Pectoral 50RM : l'endurance isométrique lors de la presse pectorale ; 1RM : répétitions maximale ; 50 RM : endurance à 50 % de force maximale.

Les résultats obtenus entre les évaluations de J0 et J63 ont rapporté des différences notables dans l'évolution des performances de force et d'endurance musculaire chez les adhérents et les non-adhérents. (Tableau 11)

En termes de flexion maximale de jambe à 1RM, une diminution générale a été observée, sans différence notable entre les groupes ($p=0.643$). Par ailleurs, les non-adhérents ont présenté une amélioration de leur endurance musculaire en flexion 50RM par rapport aux adhérents ($p=0.355$) bien que cette différence n'ait pas présenté de signification statistique.

Concernant l'extension de jambe, les non-adhérents ont montré une évolution favorable de leur endurance musculaire estimé de 13.75 [-9.88, 29.25], tandis que les adhérents ont observé une baisse de leurs performance appréciée de -7.70 [-19.60, -6.00], sans différence significative ($p=0.203$). Les tests de la force maximale en extension 1RM ($p=0.817$) et d'endurance isotonique en extension de jambe ($p=0.270$) n'ont pas révélé de différences entre les groupes.

En ce qui concerne l'épaule, les deux groupes ont montré des résultats similaires, sans différences significatives pour les variations en flexion maximale 1RM($p=0.298$), en endurance isométrique 50RM($p=0.685$) et en endurance isotonique($p=0.908$).

Enfin, pour les pectoraux, bien que les deux groupes aient rapporté une diminution modeste de leur force maximale des pectoraux, les non-adhérents ont présenté une amélioration significativement supérieure en endurance musculaire (+16.50 [10.70, 21.95]) ($p=0.021$).

Tableau 11 : Médianes de la variation de force et de l'endurance des patients des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.

	Population d'étude	Adhérent	Non-Adhérent	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Différence flexion jambe 1RM J0-J63	-2.25 [-3.55, -0.25]	-1.20 [-8.28, 0.55]	-2.80 [-3.23, -1.60]	0.643
Différence flexion jambe 50RM J0-J63	8.30 [-4.05, 14.35]	5.30 [-10.50, 11.65]	11.55 [5.75, 17.35]	0.355
Différence extension jambe 1RM J0-J63	-2.90 [-5.25, 1.50]	-4.30 [-7.70, 3.10]	-2.80 [-4.42, -2.02]	0.817
Différence extension jambe 50RM J0-J63	-7.30 [-11.25, 23.15]	-7.70 [-19.60, -6.00]	13.75 [-9.88, 29.25]	0.203
Différence extension jambe 50RM Isotonique J0-J63	-1.00 [-8.00, 7.00]	-8.00 [-13.00, 3.50]	2.00 [-5.00, 6.50]	0.270
Différence flexion d'épaule 1RM J0-J63	0.90 [-0.20, 4.27]	3.00 [-0.15, 6.40]	0.50 [-0.05, 1.51]	0.298
Différence flexion d'épaule 50RM J0-J63	0.00 [-10.95, 6.05]	1.50 [-6.65, 8.85]	-4.75 [-10.93, 5.42]	0.685
Différence flexion d'épaule 50RM Isotonique J0-J63	-2.00 [-5.50, 2.00]	-2.00 [-3.50, 0.50]	-2.50 [-6.00, 3.50]	0.908
Différence Pectoral 1RM J0-J63	-2.40 [-4.95, 1.70]	-1.80 [-4.95, 2.65]	-3.05 [-4.15, 0.60]	0.862
Différence Pectoral 50RM J0-J63	9.70 [-7.55, 19.10]	-7.60 [-12.65, 3.65]	16.50 [10.70, 21.95]	0.021

Les variables sont exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR ; Flexion jambe 1RM : la force isométrique maximale lors de la flexion de jambe ; Flexion jambe 50RM : l'endurance isométrique lors de la flexion de jambe ; Extension jambe 1RM : la force isométrique maximale lors de l'extension de jambe ; Extension jambe 50RM : l'endurance isométrique lors de l'extension de jambe ; Extension jambe 50RM Isotonique : l'endurance isotonique lors de l'extension de jambe ; Flexion épaule 1RM : la force isométrique maximale lors de la flexion de l'épaule ; Flexion épaule 50RM : l'endurance isométrique lors de la flexion de l'épaule ; Flexion épaule 50RM isotonique : l'endurance isotonique lors de la flexion de l'épaule ; Pectoral 1RM : la force isométrique maximale lors de la presse pectorale ; Pectoral 50RM : l'endurance isométrique lors de la presse pectorale ; 1RM : répétitions maximale ; 50 RM : endurance à 50 % de force maximale.

G. Variables liées aux contrôles intermédiaires :

L'analyse de l'occurrence de la dyspnée à trois points temporels (j21, j42, j63) a objectivé une différence notable entre les deux groupes de patients. À chaque évaluation, une proportion plus importante de sujets adhérents ne présentait pas de dyspnée par rapport aux non adhérents. (Tableau 12)(Figure 4)

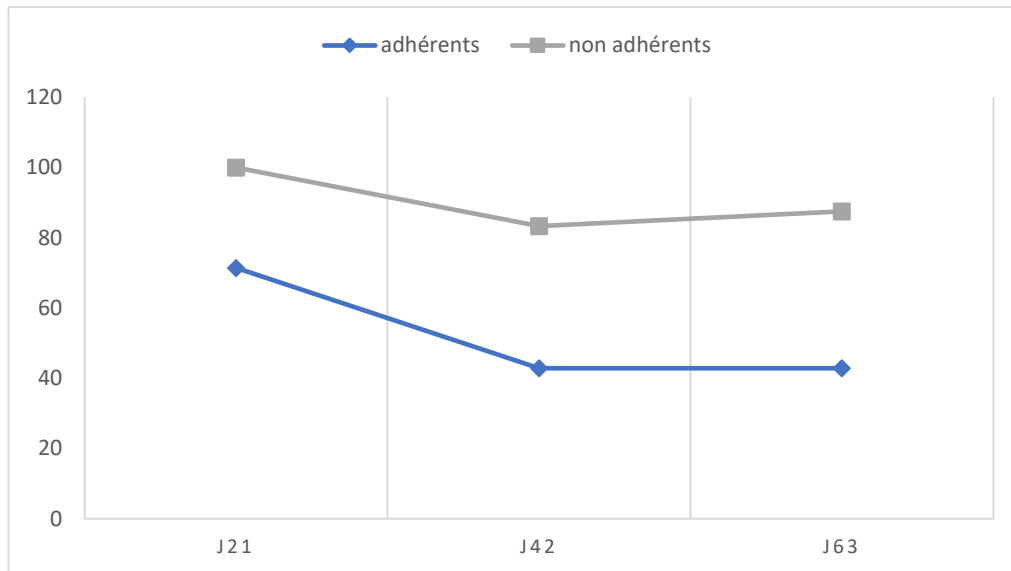


Figure 4 : Evolution de la dyspnée en pourcentage au cours du protocole SLS.

L'absence de décompensation d'une tare et de poussée rhumatismales étaient rapportées par 100% des patients dans les groupes adhérents et non-adhérents à J21 et J42. À J63, la décompensation d'une tare reste très faible avec un seul cas rapporté de décompensation d'une dermatomyosite.

Une proportion similaire de patients dans les deux groupes a déclaré également l'absence de douleur articulaire à J21 ($p=0.879$) et J42 ($p=1.000$). À J63, bien que la différence ne soit pas statistiquement significative ($p=0.110$), on observe une tendance où 100% des patients adhérents ne rapportaient pas de douleur articulaire, contre seulement 50% des patients non-adhérents.

En ce qui concerne l'asthénie psychique, à chaque temps de mesure (J21, J42, J63), une proportion numériquement plus importante de patients adhérents ne rapportait pas ce symptôme comparé aux non-adhérents (J21 : 71.43% vs 16.67% ; J42 : 57.14% vs 33.33% ; J63 : 71.43% vs 25.00%). Toutefois, ces différences n'atteignaient pas le seuil de significativité ($p=0.157$, $p=0.764$, $p=0.201$ respectivement). (Figure 5)

L'absence de problème ou de cause spirituel était marqué également dans tous les groupes à J21 et non significativement différente ($p=0.936$). (Tableau 12)

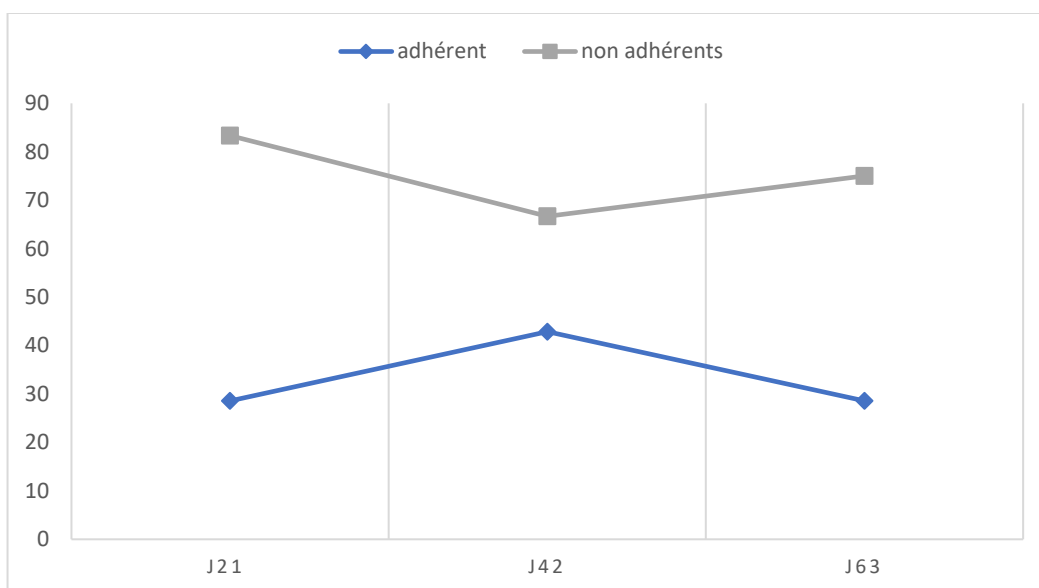


Figure 5: Evolution de l'asthénie psychique au cours du protocole SLS.

Tableau 12: Médianes des variables de suivi des sujets inclus entre les adhérents et non adhérents.

	Population d'étude	Adhérents	Non-adhérents	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
Absence de dyspnée J21 (%)	2 (15.38)	2 (28.57)	0 (0.00)	0.514
Absence de douleur articulaire J21 (%)	10 (76.92)	6 (85.71)	4 (66.67)	0.879
Absence d'une tare décompensée J21 (%)	13 (100.00)	7 (100.00)	6 (100.00)	NA
Absence de poussée rhumatismal J21 (%)	13 (100.00)	7 (100.00)	6 (100.00)	NA
Absence d'asthénie psychique J21 (%)	6 (46.15)	5 (71.43)	1 (16.67)	0.157
Absence d'influence spirituelle J21 (%)	12 (92.31)	7 (100.00)	5 (83.33)	0.936
Absence de dyspnée J42 (%)	5 (38.46)	4 (57.14)	1 (16.67)	0.356
Absence de douleur articulaire J42(%)	11 (84.62)	6 (85.71)	5 (83.33)	1.000
Absence d'une tare décompensée J42 (%)	13 (100.00)	7 (100.00)	6 (100.00)	NA
Absence de poussée rhumatismal J42 (%)	13 (100.00)	7 (100.00)	6 (100.00)	NA
Absence d'asthénie psychique J42 (%)	6 (46.15)	4 (57.14)	2 (33.33)	0.764
Absence de dyspnée J63 (%)	5 (33.33)	4 (57.14)	1 (12.50)	0.200
Absence de douleur articulaire J63 (%)	11 (73.33)	7 (100.00)	4 (50.00)	0.110
Absence d'une tare décompensée J63 (%)	14 (93.33)	6 (85.71)	8 (100.00)	0.945
Absence d'asthénie psychique J63 (%)	7 (46.67)	5 (71.43)	2 (25.00)	0.201

Les variables en exprimés en pourcentage ; J21 : première évaluation intermédiaire ; J42 : deuxième évaluation intermédiaire ; J63 : évaluation finale.

H. Variables liées à la sévérité et au pronostic :

Les résultats des scores BODE initiaux (J0) étaient comparables entre les groupes ($p=0,521$). À J63, aucune différence particulière n'a été trouvée entre les groupes ($p=0,177$). Cependant, l'analyse de la variation du score BODE entre J0 et la fin du suivi indique une tendance à l'amélioration chez les Adhérents (médiane -1,00 point [IQR -2,00 ; 0,00]) par rapport aux Non-adhérents (médiane -0,50 point [IQR -2,00 ; 0,50]) ($p=0.722$). (Tableau 13)

A l'inclusion on note qu'il y a un patient (14,29%) qui était classé en stade GOLD A dans le groupe des adhérents, 4 patients (57,14%) en stade B, et 2 patients (28,57%) en stade E tandis que dans le groupe des non-adhérents, aucun patient n'était en stade A (0,00%), 5 patients (62,50%) étaient en stade B, et 3 patients (37,50%) en stade E.

A la fin de protocole la répartition des stades GOLD chez les adhérents était la suivante 1 patient (14,29%) en stade A, 4 patients (57,14%) en stade B, et 2 patients (28,57%) en stade E. Chez les non-adhérents, aucun patient n'était en stade A (0,00%), 4 patients (50,00%) étaient en stade B, et 4 patients (50,00%) en stade E.

Tableau 13: Médianes des paramètres liées à la sévérité et au pronostic.

	Population d'étude	Adhérents	Non-adhérents	p-value
Effectif	15 (100%)	7 (46.67%)	8 (53.34%)	
GOLD J0 (%)				0.535
A	1 (6.67)	1 (14.29)	0 (0.00)	
B	9 (60.00)	4 (57.14)	5 (62.50)	
E	5 (33.33)	2 (28.57)	3 (37.50)	
GOLD J63 (%)				0.448
A	1 (6.67)	1 (14.29)	0 (0.00)	
B	8 (53.33)	4 (57.14)	4 (50.00)	
E	6 (40.00)	2 (28.57)	4 (50.00)	
BODE index J0 ^a	4.00 [3.00, 7.00]	4.00 [3.00, 6.00]	5.00 [3.50, 7.50]	0.521
BODE index J63 ^a	5.00 [2.00, 6.00]	3.00 [2.00, 5.00]	6.00 [3.50, 6.25]	0.177
Différence BODE index J0 J63 ^a	-1.00 [-2.00, 0.50]	-1.00 [-2.00, 0.00]	-0.50 [-2.00, 0.50]	0.722

^a variables exprimées en médianes et écarts interquartiles IQR ; L'indice BODE : (Body mass index, airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise); GOLD: Global Initiative for Obstructive Lung Disease.

VII. DISCUSSION

A. Forces et faiblesses :

Cette étude interventionnelle et prospective a été menée selon une approche méthodologique structurée en plusieurs phases, précédée d'une recherche bibliographique approfondie. Cette revue a objectivé les bénéfices de la RP mise en œuvre, notamment l'amélioration des paramètres cliniques tels que la réduction de la dyspnée, l'augmentation de la tolérance à l'effort et l'optimisation de la qualité de vie des patients atteints de BPCO. Elle a également démontré son intérêt en contribuant à une diminution de la fréquence des hospitalisations ainsi qu'à une réduction des coûts liés aux soins de santé (246).

Plusieurs auteurs ont mis en évidence deux principales limitations devant la réalisation de la RP, à savoir l'accès aux soins ainsi que l'adhésion aux protocoles thérapeutiques par certaines populations. Dans ce contexte, un enjeu actuel consiste à introduire et à évaluer des protocoles mieux adaptés aux spécificités culturelles et démographiques. Par ailleurs, les patients atteints de BPCO issus de la culture musulmane à une tendance de délaisser leur pratique de la Salat dans sa forme complète, en raison des répétitions des mouvements de levers et de prosternation qui peuvent être éprouvante face à leur dyspnée et leur état de santé. Dans cet esprit nous avons entrepris ce travail, avec un but principal de concevoir un protocole de prise en charge compatible avec les besoins spécifiques de la population algérienne et nord-africaine.

Les structures de santé en Algérie sont confrontées à des entraves matérielles et humaines, notamment un déficit en équipements adaptés et en professionnels spécialisés. De plus, la sensibilisation insuffisante des professionnels de santé et des patients à l'importance de la réhabilitation pulmonaire constitue un frein majeur à son intégration effective dans la pratique. Face à ces limitations, la mise en place d'un protocole simplifié, basé sur l'intégration de séries de lever du sol, apparaît comme une alternative pertinente. Cette approche offre une solution adaptée aux environnements disposant de ressources limitées, tout en favorisant l'accessibilité et potentiellement l'adhésion à ces programmes.

La phase de recrutement, accompagnée d'une évaluation initiale des sujets s'est déroulée du 1er décembre 2024 au 28 février 2025 à l'aide d'une fiche de recueil dédiée. La mise en œuvre du protocole de kinésithérapie simplifié a ensuite été planifiée. La phase initiale visait à accompagner progressivement les patients vers la réalisation de sept à quinze levers de sol.

Une fois cet objectif atteint, les patients pouvaient poursuivre les exercices à domicile, tout en gardant un suivi à distance qui était assuré par des appels téléphoniques aux jours 21 (J21) et 42 (J42). L'évaluation finale était prévue au jour 63 (J63) dont Le dernier patient a été évalué le 10/04/2025.

L'ensemble des évaluations a été documenté à l'aide de fiches de suivi. Les données recueillies ont ensuite été saisies et analysées sous la supervision de l'encadrant de mémoire.

L'une des limitations de cette étude réside dans l'absence de randomisation, malgré qu'il s'agit d'une étude interventionnelle. En effet l'architecture de notre étude est adéquate pour notre objectif principal mais pourraient limiter la généralisation de nos résultats concernant certains

objectifs secondaires. Toutefois, il convient de prendre en considération le volet éthique, puisqu'une randomisation aurait impliqué de priver certains sujets d'une intervention thérapeutique potentiellement bénéfique, alors même qu'ils constituent de bons candidats à cette prise en charge.

Bien que cette étude n'ait pas intégré une randomisation, elle a conservé son caractère pilote, permettant ainsi d'évaluer la faisabilité du protocole interventionnel. Cette approche a notamment permis de tester le suivi des patients sur une période de 63 jours et d'assurer une collecte de données couvrant un ensemble de critères multidimensionnels. Ainsi, cette étude exploratoire constitue une première étape essentielle orienter de futures recherches vers une validation plus approfondie du protocole.

Étant donné que la majorité des sujets consultants aux niveaux des trois points de recrutement avaient déjà appliqué notre protocole, la taille de l'échantillon disponible pour l'analyse comparative s'est trouvée restreinte. Cette limitation a pu influencer la puissance statistique de certains tests utilisés lors de l'analyse.

Par ailleurs, il faut noter que la période de recueil des données s'est déroulée durant la saison hivernale, période habituellement associée à une augmentation des exacerbations chez les patients atteints de BPCO. Ainsi quatre sujets inclus ont présenté des exacerbations ; dont trois n'ont pas nécessité d'hospitalisation. L'ensemble des quatre sujets ont pu mener à bien l'ensemble du protocole sans complication majeure. Ceci semble indiquer d'une bonne tolérance et de la faisabilité du protocole même en période à risque.

Durant notre étude nous avons été exposés à un biais d'information notamment concernant l'application du protocole à domicile. Pour limiter ce biais nous avons renforcé la surveillance via des appels téléphoniques à J21 et J42 accompagnés de la collecte des données à l'aide de fiches intermédiaires. L'évaluation de l'évolution a reposé sur une approche combinée, intégrant les appels téléphoniques et la répétition de questions sur l'adhésion. Les sujets ont été interrogés sur le nombre de séries de levers de sol effectuées lors des séances de réhabilitation et d'initiation au protocole, ainsi qu'au moment de la visite de réévaluation finale à J63. Cette méthodologie vise à assurer un suivi rigoureux et fiable de l'évolution de l'étude.

La population étudiée, constituée de patients atteints de BPCO, présente des caractéristiques inhérentes (dyspnée, fatigue chronique, troubles psychiques et psychiatriques) susceptibles d'induire des défis comportementaux. Ainsi la prise en charge des sujets a impliqué un accompagnement psychologique non négligeable.

Cette étude a confirmé la complexité de la gestion de cette population, due à la multimorbidité et à l'hétérogénéité des sujets. Bien que notre protocole simplifié ait permis une mise en œuvre pragmatique d'une étude scientifique. La diversité clinique et la charge des comorbidités associées à la BPCO soulignent la nécessité d'une personnalisation de la prise en charge et d'une coordination multidisciplinaire.

De plus notre travail a été marqué par certaines limitations techniques mineures notamment le manque de kinésithérapeutes, l'impact de la période de jeûne durant le mois du Ramadan sur la

dynamique des sujets. On rapporte aussi des problèmes techniques de l'appareil d'impédancemétrie (absence de mesure de la masse graisseuses et la graisse viscérale chez 13 sujets).

B. Discussion de la fréquence d'adhésion et des caractères sociodémographiques :

Un taux d'adhésion total avec 22 SLS atteignant presque la moitié de la population, est un résultat encourageant, particulièrement au regard des caractéristiques spécifiques de la population étudiée. Cette appréciation est d'autant plus pertinente en l'absence de travaux comparables et au vu du nombre limité de centres de réhabilitation disponibles sur le territoire national. Bien que ce taux ne représente pas une adhésion optimale, il souligne la valeur de ce protocole comme une approche thérapeutique novatrice pour la prise en charge de ces patients.

Il est particulièrement notable que même parmi les participants n'ayant pas satisfait aux critères stricts d'adhésion du protocole, définis notamment par la réalisation de 22 levers de sol quotidiens. Un engagement a été maintenu lors des séances supervisées. En effet, sur les 8 participants classés comme non-adhérents, 4 ont réussi à effectuer plus de 7 lever de sol au quotidien. Ces données, illustre une adhésion partielle en attestent d'une acceptabilité élevée de l'intervention.

Aucune distribution particulière des caractères sociodémographiques, notamment la prédominance masculine (86,7 %) et l'âge médian (67,9 ans), n'a été concluante vis-à-vis de l'adhérence au programme. Cependant d'autres travaux sur l'adhérence à la de réhabilitation fonctionnelle rapporte de meilleur résultats chez les sujets plus jeunes et de genre masculin (302). Le même constat peut être réitéré concernant le statut tabagique.

En outre, une tendance vers une meilleure perception du soutien social a été observée chez les participants adhérents avec un pourcentage de 71,43 % par rapport au groupe non-adhérent 33,33 %. Cette différence, bien que non statistiquement significative dans notre échantillon, des études avec des effectifs plus importants ont pu établir un lien entre l'adhésion et le soutien social (302,18,303).

De plus, les deux variables de l'accès à des moyens de transport personnels et la distance entre l'hôpital et le domicile n'ont pas pu être confirmées comme des obstacles à la mise en œuvre du protocole SLS témoignant potentiellement d'une bonne accessibilité au programme. Par ailleurs, le niveau socio-économique moyen prédomine dans l'échantillon avec une proportion de 73.33% ce qui contraste avec les résultats antérieurement rapportés, où les limitations financières sont fréquemment identifiées comme un frein majeur à l'adhésion aux programmes de réhabilitation (303–306). Ce qui pourrait suggérer que dans notre contexte, les barrières économiques sont moins déterminantes, au profit d'autres facteurs tels que le soutien social. Cependant il est important de noter que l'évaluation du niveau socioéconomique a été réalisée de manière subjective.

C. Discussion des paramètres anthropométriques et des comorbidités :

Sur le plan anthropométrique, aucune différence de distribution n'a été observée en termes de poids et d'IMC ($p > 0,05$ dans tous les cas). Conformément à ces résultats, plusieurs études ont rapporté que l'IMC et l'obésité n'influent pas l'adhérence aux programmes de réadaptation pulmonaire (307–309).

La fréquence de l'HTA et du diabète ne présente pas de différence statistiquement significative entre les groupes (26.67% et 20% respectivement), suggérant une absence d'association entre ces comorbidités et le degré d'adhérence au programme. Ces résultats sont en accord avec les conclusions rapportées dans des études précédentes (310,311,303). Par ailleurs, l'ATS a récemment mis en évidence que les troubles neuropsychiatriques, tels que la dépression, les maladies mentales sévères et la démence constituent des obstacles majeurs à la réussite des programmes de réadaptation pulmonaire, contrairement aux affections physiques, qui semblent avoir un impact moindre sur l'adhésion et l'achèvement de ces interventions (312). En effet, certains de nos patients présentaient un comportement suggérant une certaine psychorigidité. Ils ont pu compléter les séances du protocole menées sous notre encadrement. Néanmoins, cet engagement n'a pas été maintenu après le passage à la phase ambulatoire du protocole. Cette limitation de la réhabilitation à domicile est rapportée par plusieurs auteurs (307,313,314). Il sera pertinent d'utiliser une échelle validée et sensible, telle que la Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) afin d'obtenir des mesures robustes de la symptomatologie anxieuse et dépressive. Son application dans le cadre de cette étude va contribuer non seulement également à identifier les facteurs influençant l'adhésion au traitement mais aussi à détecter l'impact du protocole thérapeutique sur l'état psychique des patients (315).

Il a été noté qu'un seul cas de décompensation de maladie associée durant le protocole (une poussée de dermatomyosite). Par ailleurs, bien que quatre participants aient connu une exacerbation de leur BPCO, ils ont néanmoins pu poursuivre le protocole sans que cette aggravation limite la continuité du programme. Cette initiative est consolidée par les méta-analyses qui ont révélé que mise en place précoce d'un programme de réhabilitation, dès les premiers jours d'une exacerbation ou même au cours de l'hospitalisation, contribue à la réduction du taux de réadmission. Cette approche permet également d'améliorer la capacité d'exercice, de diminuer la dyspnée et d'optimiser la qualité de vie liée à la santé (316–318). Ces bénéfices sont en parfaite cohérence avec les recommandations récentes les plus récentes de l'American Thoracic Society en 2023 (269).

D. Impact de la fatigue psychique et de la douleur :

Concernant la douleur articulaire, une différence est particulièrement notable à J63, où 100% des adhérents ne rapportaient aucune douleur, contre seulement 50% des non-adhérents ($p=0,110$). En effet, Li et al., ont rapporté que la douleur articulaire ne constitue pas un facteur limitant dans l'orientation des patients vers un programme de réadaptation pulmonaire (319). Ces résultats concordent avec ceux d'une étude de cohorte ayant montré que la présence de ce symptôme n'influence ni l'achèvement ni la poursuite du protocole de RP (320). Pour notre étude nous

formulons l'hypothèse que la faible fréquence de cette variable dans notre échantillon restreint a limité l'application des tests statistiques permettant valider cette tendance.

L'absence d'asthénie psychique a également suivi cette tendance, avec des pourcentages plus élevés observés chez les patients adhérents (71,43 % à J21 et J63) par rapport aux non-adhérents (16,67 % à J21 et 25,00 % à J63), sans qu'une différence statistiquement significative puisse être mise en évidence. La Figure 5 illustre la dynamique du comportement psychique des participants adhérents et non adhérents durant le protocole. Cependant, ces résultats ne peuvent être considérés comme concluants en raison de la taille limitée de l'échantillon. Par contre des études antérieures, ont mis en évidence le rôle majeur de l'asthénie psychique et du manque de motivation dans la faible adhésion aux différents protocoles de réhabilitation pulmonaire soit par des méthodes conventionnels ou même à domicile (321,18,322,303,307,323,313).

E. Discussion variables liées à la dyspnée :

Dans le cadre de notre étude, la dyspnée était étudiée comme une variable binaire fermée. Elle a été suivie de manière longitudinale à travers les évaluations intermédiaires réalisées tout au long du protocole. On note que les adhérents ont amélioré progressivement leur dyspnée à J21, J42 et J63 (respectivement 28,57%, 57,14%, 57,14%) comparativement aux non-adhérents (0%, 16,67%, 12,50%) comme il est illustré dans la Figure 4 . Cette progression, rapportée de manière subjective par le groupe des adhérents, pourrait être attribuable à une amélioration de la tolérance à la dyspnée. Dans ce sens Hashimoto et al., ont conduit une méta analyse sur l'effet d'un programme de réhabilitation sur la dyspnée et la tolérance à l'effort. Selon leurs conclusions, un programme minimal essentiel de réhabilitation respiratoire, incluant un entraînement d'endurance supervisé sur une période de 4 à 12 semaines, est associé à une amélioration significative de la capacité fonctionnelle à l'exercice(249).

Nous avons aussi évalué la dyspnée sur deux échelles validées pour objectiver cette sensation. L'échelle mMRC mesurée à J0 et J63 pour évaluer le retentissement fonctionnel de la dyspnée, et l'échelle Borg modifiée, utilisée à J0, J63 ainsi qu'aux temps intermédiaires afin d'en quantifier la perception instantanée de la dyspnée. Cette double approche, combinant une échelle catégorielle et une échelle numérique, a permis une caractérisation à la fois qualitative et longitudinale de ce symptôme(76).

Un dernier paramètre d'évaluation de la dyspnée peut être cité avec l'évaluation de l'essoufflement selon une échelle à six niveaux dans le cadre du questionnaire CAT.

Concernant le score mMRC les sujets non adhérents ne présentaient pas de dyspnée significativement plus importante à J0 ($p=0.334$). Cependant à la fin du Protocole ce groupe était plus dyspnéique ($p= 0.011$). L'analyse de la différence numérique du mMRC entre le début et la fin du Protocole n'a pas confirmé clairement cette différence. L'amélioration globale, même si la différence d'ampleur entre les groupes n'atteint pas la significativité statistique pour la variation J0-J63, suggère un bénéfice général de l'intervention.

Une amélioration du score mMRC avec une réduction plus marquée chez les patients adhérents contre les non adhérents (réduction de 2 points contre une réduction de 1 point, ($p=0.178$).

Malgré que la différence soit non significative statistiquement cette diminution observée chez le groupe adhérent reste supérieure au MCID (Minimal Clinically Important Difference) ($MCID \geq 0.5$). Il s'agit de la plus faible variation mesurable d'un score ou d'un paramètre clinique perçue par le patient. Elle permet de déterminer si les améliorations observées sont cliniquement significatives et fournit des indications sur l'efficacité du programme de réhabilitation respiratoire. On prend l'exemple l'étude de Vinan-Vega et al. qui ont définie qu'une baisse de 0.5 point du score mMRC est cliniquement significative après 3 semaines de traitement pharmacologique post exacerbation (324).

Pour l'échelle de Borg modifiée, le groupe non adhérent présentait un niveau de dyspnée plus faible au début du protocole, avec un score médian sur l'échelle de Borg de 3.5 [2.75, 5.00] comparativement au groupe adhérent qui ont eu un score de 5.00 [4.50, 5.50] ($p=0.047$). Cela semble indiquer une certaine tendance à la dyspnée chez les futures non adhérents.

A J63 l'amélioration était plus marqué chez le groupe adhérent qui ont eu un score de 8.00 [6.00, 9.00] tandis que le groupe non adhérent atteignait un score significativement plus bas de 4,50 [4,00–6,25] ($p = 0.021$).

Dans la littérature, l'amélioration de la dyspnée et du score mMRC suite à des protocoles de réhabilitation a été documentée largement. En effet des protocoles conventionnels et non conventionnels de réhabilitations pulmonaire ont démontrés une régression dans le score mMRC comme schématisé dans le Tableau 14). Il serait justifié de penser que le faible besoin de force musculaire dans notre protocole peut expliquer la réponse modeste remarqué dans le score mMRC, ainsi le nombre limité de nos sujets pourrait avoir limité l'applicabilité des tests statistiques lors de cette analyse.

Tableau 14: Des études sur l'amélioration du score mMRC après RP.

Auteurs	Pays	Méthode d'entraînement	Type d'étude	p-value
Notre étude, 2024	Algérie	Série de lever de sol	Une étude quasi-expérimentale	$p=0.011$
Pothirat et al., 2015 (84)	Thaïlande	Entraînement sur ergomètre	Étude quasi-expérimentale	$p>0.05$
(Daabis et al., 2017)(325)	Egypte	Entraînement combiné endurance/renforcement	Un essai contrôlé randomisé	$p< 0.001$
(Tarigan et al., 2018)(77)	Indonésie	Cyclisme stationnaire	Une étude quasi-expérimentale	$p< 0.001$
(Chuatrakoon et al., 2022)(20)	Thaïland	PR à domicile	Un essai contrôlé randomisé	$p<0.001$
(Klimczak et al., 2024)(257)	Pologne	RP de courte durée sur trois semaines	Analyse rétrospective	$p< 0.01$
(Liu et al., 2023)(157)	Chine	Tai Chi	Un essai contrôlé randomisé	$p< 0.001$
(Özer et al., 2021)(326)	Turquie	Un programme de yoga	Un essai contrôlé randomisé	$p<0.001$

Cependant plusieurs paramètres ont confirmé l'amélioration de la dyspnée chez les adhérents au protocole (mMRC j63, $p = 0.011$, essoufflement selon CAT $p = 0.003$, et la différence cliniquement pertinente du mMRC). Ces observations peuvent être interprétées selon deux hypothèses distinctes. Premièrement, une dyspnée plus sévère chez les patients non-adhérents pourrait expliquer leur non adhésion au protocole. Deuxièmement, le protocole SLS pourrait avoir exercé un effet positif, entraînant une diminution de la perception de la dyspnée chez les patients adhérents. Cette dualité d'interprétation souligne la nécessité d'investigations complémentaires.

F. Discussion des variables liées à la fonction respiratoire :

Les données spirométriques semblent comparables entre les deux groupes le jour de la première évaluation ($p = 0.817$ et $p = 0.643$ respectivement pour le VEMS et la CVF) témoignant la place limitée de la spirométrie initiale comme outil prédictif d'adhérence au Protocole. Cependant nous avons remarqué une tendance à la détérioration du groupe non adhérent dans les valeurs de VEMS $-5.00 [-12.75, 1.00]$ ($p = 0.352$) et CVF $-4.00 [-10.75, 1.00]$ ($p = 0.104$). Cette observation semble être liée à une détérioration fonctionnelle du groupe non adhérent durant la durée du protocole.

G. Discussion des variables liées à la qualité de vie :

L'évaluation de la qualité de vie a été réalisée à l'aide du questionnaire CAT. Il a été développé afin de fournir une mesure simple et fiable de l'état de santé spécifique à la BPCO. Il se compose de huit items. Chaque item est noté de 0 à 5, pour un score total variant de 0 à 40. Un score total ≥ 10 a été proposé pour identifier les patients comme étant hautement symptomatiques. La différence minimale cliniquement significative (MCID) pour le score CAT est estimée à 2 points(276).

Les résultats issus de notre étude montrent que le score initial de J0 du CAT n'était pas statistiquement différent entre les deux groupes ($p = 0.324$). Cependant, à j63 Un score total de $9.00 [7.50, 13.50]$ pour les adhérents était significativement meilleur du groupe des non adhérents $18.50 [15.25, 21.50]$ ($p = 0.009$). Avec une régression cliniquement pertinente de $8.00 [11.50, 5.00]$ points chez les adhérents ($\geq \text{MCID}$) contre $4 [8.50, 0.75]$ points chez les non adhérents.

Plusieurs études ont démontré l'amélioration du score CAT après divers programmes de réhabilitation pulmonaires comme décrit dans le (Tableau 15).

Tableau 15 : Des études sur l'amélioration du score CAT après RP.

Auteurs	pays	Méthode d'entraînement	Type d'étude	p-value
Notre étude, 2024	Algérie	Série de lever de sol	Une étude quasi-expérimentale	$p = 0.009$
Vinan et al., 2021 (324)	Etats -Unis	Programme de réhabilitation pulmonaire du centre hospitalier universitaire de Lubbock	Etude rétrospective	$p < 0.05$
Freire et al., 2019(88)	Brésil	Entraînement en résistance avec bandes élastiques	Un essai contrôlé randomisé	$p = 0.0638$

Zhu et al., 2018(327)	Chine	Tai Chi	Un essai contrôlé randomisé	p= 0.014
Gupta et al., 2014(328)	Inde	Yoga (pranayama)	Un essai contrôlé randomisé	p< 0.001
Dodd et al., 2012(329)	Royaume-Uni	Entraînement aérobie et renforcement musculaire	Observationnelle prospective	p< 0.001

L'explication de l'amélioration supérieure du groupe des adhérent peut se faire par l'existence d'un double phénomène. D'abord, la détérioration de l'état de certains sujets au cours du protocole, probablement en lien avec des facteurs externes associés à leur BPCO. Mais aussi un effet bénéfique sur la qualité de vie du protocole SLS durant la même période. Il est difficile de distinguer les deux phénomènes en l'absence de randomisation dans le protocole d'étude.

Durant une analyse complémentaire des éléments du CAT, nous avons objectivé une amélioration significative de plusieurs symptômes connus gênants durant la vie quotidienne. À J0, les patients non adhérents au protocole présentaient une oppression thoracique et une altération du sommeil significativement plus marquées ($p = 0,055$ et $p = 0,049$, respectivement) par rapport aux patients adhérents. Ces manifestations cliniques, souvent sous-estimées, pourraient refléter des barrières symptomatiques à l'adhésion, en influençant négativement la motivation, la tolérance à l'effort ou encore la perception du bénéfice attendu de notre protocole (330).

A J63 on a noté des Items qui se sont améliorés chez les adhérents par rapport au non adhérents tels que l'essoufflement ($p=0.003$), la limitation des activités ($p=0.011$) et le sommeil ($p=0.042$). Ce qui reflète une amélioration cliniquement pertinente de leur qualité de vie, particulièrement sur des symptômes critiques.

Nous pensons que les symptômes initiaux agiraient comme des barrières intrinsèques à l'adhésion, en diminuant la motivation du groupe non adhérent et leur tolérance à l'effort. Alors que l'adhésion des patients au protocoles améliore significativement l'essoufflement, la tolérance à l'activité et le sommeil.

H. Discussion des performances fonctionnelles de base :

Dans le cadre de notre étude, l'analyse intergroupe n'a révélé aucune variation notable dans l'évolution des performances fonctionnelles de base. Cette absence de différence pourrait s'expliquer par une puissance statistique limitée liée à la taille restreinte de l'échantillon néanmoins, certaines tendances cliniquement pertinentes ont été observées.

L'analyse du TM6 à J0 a révélé une différence significative entre les groupes ($p = 0,037$), avec une médiane de 330,00 m pour les patients adhérents contre 261,00 m pour les non-adhérents. Bien que les deux groupes aient présenté une diminution de la distance parcourue $-10.00 [-72.50, 19.50]$ vs $-16.00 [-43.75, 40.62]$ à J63, les participants adhérents semblent avoir mieux préserver leurs performances au TM6 par rapport aux non-adhérents ($p=0.728$).

Par ailleurs, Cette variation pourrait être attribuée la dimension subjective du TM6, en particulier ils sont susceptibles d'avoir conduit à une surestimation des capacités fonctionnelles chez certains patients, notamment dans le groupe non-adhérent. Cette variabilité interindividuelle complique l'interprétation des variations longitudinales et pourrait en partie masquer l'impact réel de l'adhésion sur l'évolution des performances physiques.

Ces observations contrastent avec celles rapportées dans une étude menée par Pothirat et al., réalisée sur une période de 8 semaines avec un programme d'entraînement intensif sur ergocycle. Cette étude a montré une amélioration significative de la distance parcourue au test de marche de 6 minutes (TM6) ($p < 0,01$), soulignant ainsi les effets bénéfiques de la réhabilitation pulmonaire (RP) sur la capacité d'exercice (84).

Parallèlement, À l'inclusion aucune différence notable n'a été observée entre les groupes pour le test de lever de chaise (STS, $p=0,114$) ni pour le Timed Up and Go (TUG, $p=0,199$). Cependant, les participants adhérents présentaient de meilleures performances, avec un plus grand nombre de levers au STS et des temps réduits au TUG.

À J63, des améliorations cliniquement pertinentes s'est concrétisée par une amélioration au test STS chez les adhérents atteignant une moyenne de 14 levers. Ce résultat est compris dans l'intervalle de référence de Puhan et al., qui définit une différence de $18,9 \pm 8,8$ répétitions comme la différence minimale cliniquement importante (MCID), représentant la plus faible variation perçue comme bénéfique par le patient et justifiant un ajustement de la prise en charge clinique, et suggérant une progression fonctionnelle pertinente (331).

Une amélioration significative des performances au test « Timed Up and Go » (TUG) a été observée également à J63 chez les patients adhérents, avec une réduction du temps d'exécution par rapport à l'inclusion (médiane J63 : 11,40 s [IQR : 10,50–13,10]). Ce gain, estimé à environ 1 seconde, s'inscrit dans l'intervalle de la différence minimale cliniquement importante (MCID) définie par Mesquita et al., (0,9 à 1,4 seconde), indiquant une amélioration cliniquement pertinente de la mobilité fonctionnelle (233). Cette progression pourrait également refléter une diminution du risque de chute, en lien avec une meilleure stabilité posturale, une mobilité dynamique accrue et une meilleure qualité de vie.

En revanche, les patients non adhérents ont montré une dégradation de leurs performances, avec une augmentation du temps d'exécution au test TUG (médiane : 16,80 s [IQR : 14,00–18,47]), indiquant un ralentissement de la mobilité fonctionnelle.

De même, l'évaluation de la distance main-sol n'a révélé aucune différence entre les groupes ($p = 0,714$). Ces résultats indiquent une stabilité générale de cette mesure au cours de la période étudiée.

I. Discussion des variables liées à la force et l'endurance :

L'analyse des résultats met en évidence des différences initiales significatives entre les groupes adhérents et non-adhérents concernant deux variables, la force maximale isométrique en flexion

de jambe ($p = 0.024$) et l'endurance isotonique de l'extension de jambe ($p = 0.028$). Ces résultats suggèrent que les participants les plus engagés, présentaient dès le départ un profil fonctionnel plus favorable.

À l'issue de l'intervention, on note une différence entre les adhérents et non adhérents sur trois variables ; d'abord un maintien de la supériorité de la force maximale isométrique en flexion de jambe chez les adhérents ($p = 0.043$). Secondairement on rapporte une supériorité de l'endurance isométrique de l'extension de jambe ($p = 0.028$). Enfin on note une amélioration significativement supérieure de l'endurance isométrique en presse pectorale ($p = 0.021$). Cependant cette amélioration a été notée chez les non adhérents.

Cette observation a priori contre intuitive, peut s'expliquer par l'hypothèse que les patients non adhérents ont bénéficié d'une période de récupération prolongée. Notre protocole n'a pas prévu de mesurer cette variation. Bien que non quantifiée cette période de récupération est située à la limite supérieure de l'intervalle de repos autorisé et adaptée en fonction de l'état clinique des patients notamment la dyspnée. Cette variation semble avoir favorisé une amélioration des performances observée dans ce groupe.

Ce constat met en lumière la nécessité de standardiser rigoureusement la durée de repos ou de chronométrer précisément la durée de repos entre les évaluations de chaque groupe musculaire, afin d'optimiser la fiabilité des résultats et de minimiser les biais.

En contraste avec nos résultats Frykholm et al., ont rapporté dans un essai contrôlé randomisé multicentrique international qui a comparé l'efficacité de deux protocoles d'entraînement en résistance sur 8 semaines chez des patients atteints de BPCO. Les participants ont été répartis entre un programme traditionnel de musculation (RT), basé sur les recommandations actuelles visant l'amélioration de la force musculaire, et un entraînement en résistance périodisé non linéaire (NLPRT). Les résultats ont montré que le NLPRT offrait des bénéfices nettement supérieurs à ceux du RT, avec des gains significatifs en force musculaire (+33 % contre +21 %, taille d'effet [ES] 0,928), en endurance musculaire (+147 % contre +50 %, ES 1,080), en capacité d'endurance à la marche (ESWT : +168 m contre +36 m, ES 0,592), en performance fonctionnelle (1-STS : +4 répétitions contre +1, ES 0,864) ainsi qu'en endurance des membres supérieurs (UULEX : +142 secondes contre +42 secondes, ES 0,819). Toutes ces différences étaient statistiquement significatives ($p < 0,05$) (268). Ces résultats soulignent l'efficacité de la réhabilitation pulmonaire conventionnelle dispensée en centre spécialisé, reposant sur un programme structuré.

Bien que les analyses statistiques n'aient pas mis en évidence d'effets significatifs du programme (SLS) sur la majorité des paramètres de force et d'endurance musculaire, les retours subjectifs des participants indiquent des bénéfices perçus importants ceci est clairement schématisé par l'amélioration objective du score CAT.

VIII. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A la fin de notre travail interventionnel prospectif, par un protocole d'entraînement basé sur des séries de levers de sol au niveau de service de pneumologie de l'hôpital Ali Ben Deghine de Laghouat. Nous avons obtenu un taux d'adhérence 46,67 %.

Nous avons rapporté une amélioration cliniquement pertinente de la dyspnée à la fin du programme objectivée par plusieurs outils de mesure validés tels que l'échelle mMRC. Une médiane de 2,00 [1,00 – 2,50] ($p = 0,011$), supérieure à la différence clinique minimale (MCID $\geq 0,5$), a été observée chez les sujets adhérents. Un meilleur score à l'échelle de Borg modifiée a également été noté dans ce groupe, avec une médiane de 8,00 [6,00 – 9,00] ($p = 0,021$). De plus, une amélioration de la qualité de vie a été constatée selon le questionnaire CAT, avec un score total médian de 9,00 [7,50 – 13,50] ($p = 0,009$). Incluant une meilleure qualité de sommeil ($p=0.042$), Une limitation réduite de l'activité ($p=0.011$) et un moindre essoufflement($p=0.003$), faisant toujours partie du groupe adhérent.

Les participants bien adhérents au programme présentaient dès le départ une tendance à de meilleurs résultats aux tests fonctionnels STS et TUG. Au 63^{ème} jour, cette tendance s'est traduite par des progrès cliniquement intéressants, bien que les résultats ne permettent pas d'établir une preuve formelle d'efficacité (STS $p= 0.769$; TUG $p=0.728$). D'une part, les adhérents ont atteint une moyenne de 14 levers au test STS, soulignant une évolution fonctionnelle prometteuse comparément à la MCID de $18,9 \pm 8,8$ répétitions. De plus, une réduction d'environ 1 seconde au test TUG par rapport à l'inclusion a été observée. Ce gain, correspondant à la MCID (0,9-1,4 seconde), confirme une amélioration cliniquement pertinente de la mobilité fonctionnelle des participants.

Parmi nos recommandations nous suggérons de mener des études prospectives randomisées à plus grande échelle multicentrique afin de confirmer de manière robuste l'efficacité du protocole SLS. bien que la randomisation soit méthodologiquement souhaitable pour confirmer l'efficacité du protocole SLS, elle peut se heurter à des considérations éthiques substantielles. D'une part, se pose la question classique de ne pas priver un groupe contrôle de l'accès à une intervention potentiellement bénéfique. D'autre part, étant donné que le protocole SLS s'inspire de la prière islamique, la randomisation pourrait être perçue ou vécue par certains participants comme une restriction à l'exercice d'une pratique ayant une signification culturelle et spirituelle, en particulier pour ceux assignés à un groupe ne recevant pas cette intervention spécifique. Cet aspect requiert une réflexion approfondie pour concevoir des recherches respectueuses des droits et des convictions des participants.

Les résultats obtenus sur les paramètres de force et d'endurance indiquent des bénéfices limités et encore insuffisamment convaincants du protocole SLS dans sa version actuelle. Cette observation souligne la nécessité de compléter le protocole avec des exercices plus intenses. Il apparaît donc que l'amélioration significative de la fonction musculaire puisse nécessiter le recours à des méthodes conventionnelles. Si notre protocole même optimisé, ne permet pas d'atteindre des gains de force musculaires satisfaisants, cela souligne la nécessité de recherches

futures. Ces recherches devraient viser à affiner les interventions, notamment en explorant l'impact d'une modulation plus fine des temps de repos entre les exercices. Un facteur clé influençant la réponse adaptative musculaire.

En plus des recommandations sur le plan de la recherche, il est important de proposer ce protocole comme un programme d'initiation pour les patients en attente d'une RP complète ou qui ont un mauvais accès aux structure hospitalières. De même, c'est une solution de maintien d'une RP pour consolider les acquis d'un programme déjà achevé. De plus, l'inclusion de ce protocole comme un composant de la prise en charge conventionnelle peut enrichir potentiellement le parcours de soins. Il pourrait efficacement amplifier les effets de la RP, grâce à sa flexibilité et sa possibilité d'adaptation à domicile. Ce protocole fournit aux patients la chance de poursuivre leurs entraînements et ainsi d'appliquer des stratégies d'autogestion quotidiennement.

Cette approche novatrice représente une tentative d'intégration de la réhabilitation pulmonaire dans la pratique courante, offrant un modèle à la fois simplifié, applicable et adapté sur le plan socioculturel. Le potentiel de ce protocole est clairement noté avec le résultat principal de notre étude d'une adhésion estimée 46,67%. Ce protocole représente une avancée significative pour la réhabilitation pulmonaire en Algérie, ouvrant des perspectives prometteuses dans un contexte marqué par une disponibilité limitée de programmes structurés. Face à ce constat, il ne constitue pas seulement une innovation méthodologique, mais offre surtout une opportunité concrète de pallier ce déficit. Sa conception le rend particulièrement apte à une dissémination. Il est donc crucial de sensibiliser les professionnels de santé à l'existence et aux bénéfices potentiels de telles approches, afin de favoriser leur adoption. Par conséquent, il existe un réel potentiel pour que ce protocole serve de modèle pour l'implémentation de programmes de RP standardisés au niveau national, améliorant l'accès aux soins pour les patients atteints de pathologies respiratoires chroniques à travers le pays.

IX. ANNEXES

Annexe 1: La fiche de consentement.

Fiche de consentement

Il est certifié que les modalités du programme ont été expliquées aux participantes, que les questions posées à cet égard ont reçu des réponses appropriées et qu'il a été clairement indiqué à chaque individu qu'il est libre de mettre un terme à sa participation à tout moment, et ce, sans préjudice.

Émargement du patient	La date de recrutement	Émargement d'investigateur
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.		

FICHE DE 1 ERE CONSULTATION DU PROGRAMME SLS

1. Numéro d'identification			
2. Date de consultation JJ/MM/AAAA			
3. Nom et prénom			
4. Consentement éclairé (Oui/non)			
5. Numéro de téléphone (2 ou plus)			
6. Année de naissance (Variable ouverte)			
7. Genre (M ou F)			
8. Ménopause si femme (Oui/non)			
9. Profession (Variable ouverte)			
10. Tabagisme (Paquets-année/0 équivalent à non tabagique)			
11. Sevrage (En années, 0 équivalent à non sevré)			
12. Niveau socio-économique (1: bas, 2: moyen, 3: bon)			
13. Diagnostiqué pour BPCO (Oui/non)			
14. Traitement de fond de BPCO (DCI / Nom commercial)			
15. Limitation du levé de sol (oui/non)			
16. Maladie rhumatismale chronique (Variable ouverte)			
17. Exacerbation récente de BPCO (Oui/non)			
18. Accident Vasculaire cérébral récent (Oui/non)			
19. Cardiopathie ischémique récente (Oui/non)			
20. Antécédent d'asthme bronchique (Oui/non)			
21. Antécédent de HTA (Oui/non)			
22. Antécédent de diabète (DID/ADO/ Non)			
23. Autre comorbidité : (Variable ouverte)			
24. Distance domicile-hôpital (Km) (Variable ouverte)			
25. Moyen de transport personnel (Oui/non)			
Evaluation de la dyspnée et de l'intensité de l'effort			
26. mMRC : Evaluation dyspnée (0 : effort physique important. 1 : marche rapide à plat ou en pente légère., 2 : terrain plat : quelqu'un ou propre rythme 3 : quelques minutes ou une centaine de mètres sur terrain plat. 4 : quitte pas le domicile, habillage...)			
27. L'échelle de Borg modifié CR10 Evaluation de l'intensité de l'effort lors de levé de sol sur une échelle de 0 à 10, le 1 étant très léger et 10 efforts maximaux.			

Evaluation de la qualité de vie				
28. COPD Assesmet Test "CAT" (1,2,3, 4,5)	Toux			
	Glaire			
	Oppression thoracique			
	Essoufflement			
	Activités			
	Inquiétudes			
	Sommeil			
	Energie			
	SCORE TOTAL			
Examen ostéo-articulaire				
29. Les amplitudes de mouvement des genoux en degré (Variable ouverte)	Genou droite	En Flexion		
		En Extension		
	Genou gauche	En Flexion		
		En Extension		
Données anthropométriques				
30. Taille (m)				
31. Poids (Kg)				
32. IMC (Kg/m^2) (Variable ouverte)				
33. Masse adipeuse (%) (Variable ouverte)				
34. Graisse viscérale (sur 30 niveaux) (Variable ouverte)				
Fonction Pulmonaire				
35. Spirométrie Post bronchodilatateur (Variable ouverte)	VEMS (%)			
	CVF (%)			
	Indice de Tiffeneau			
Performances fonctionnelles de base				
36. Distance main-sol (cm) (Variable ouverte)				
37. Test de marche 6 min (m) (Variable ouverte)				
38. 1 min STS Test (sit to stand test). (Nombre de répétitions) (Variable ouverte)				
39. Timed up and go test (s) (Variable ouverte)				
Tests de la force musculaire et l'endurance				
40. Flexion de la jambe	La 1 RM isométrique(Kg)			
	50% de la 1 RM (s)			
41. Extension de la jambe	La 1 RM isométrique(Kg)			
	50% la 1 RM (s)			
	50% la 1 RM (nombre)			
42. Flexion de l'épaule	La 1 RM isométrique(Kg)			
	50% de la 1 RM(s)			
	50% la 1 RM (nombre)			
43. Presse pectoral	La 1 RM isométrique(Kg)			
	50% la 1 RM (s)			
44. Stadification du BPCO (GOLD) (A, B, E)				
45. BODE score				

FICHE D'EVALUATION INTERMEDIARE DU PROGRAMME SLS J 21

1. Numéro d'identification			
45. Date de réévaluation JJ/MM/AAAA			
3. Nom et prénom			
46. Moyenne de lever de sol J21 (7-15) J42 (15-22)			
Evaluation d'adhérence au programme			
47. Adhérent si à : J21 le patient fait ≥ 07 séries de SLS /J J42 le patient fait ≥ 15 séries de SLS /J			
Causes de manque d'adhésion			
48. Dyspnée (Oui/non)			
49. Douleur articulaire (Oui/non)			
50. Décompensation d'une maladie sous-jacente :HTA /diabète/asthme...			
51. Poussée d'une maladie rhumatismale chronique (Oui/non)			
52. Asthénie psychique (Oui/non)			
53. Manque de soutien social (Oui/non)			
54. Cause spirituelle (Oui/non)			
25. Accessibilité moyen de transport personnel (Oui/non)			
55. Autres causes : (Oui/non)			
56. L'échelle de Borg modifié CR10 Evaluation de l'intensité de l'effort lors de la levé de sol sur une échelle de 0 à 10, le 1 étant très léger et 10 effort maximal			
Sortie d'étude			
57. Causes de sortie d'étude (Exacerbation, AVC, Cardiopathie ischémique, Perdue de vue, décès...)			

FICHE D'EVALUATION INTERMEDIARE DU PROGRAMME SLS J 42

1. Numéro d'identification			
58. Date de réévaluation <i>JJ/MM/AAAA</i>			
3. Nom et prénom			
59. Moyenne de lever de sol J21 (7-15) J42 (15-22)			
Evaluation d'adhérence au programme			
60. Adhérent si à : J21 le patient fait ≥ 07 séries de SLS /J J42 le patient fait ≥ 15 séries de SLS /J			
Causes de manque d'adhésion			
48. Dyspnée (Oui/non)			
49. Douleur articulaire (Oui/non)			
61. Décompensation d'une maladie sous-jacente : HTA /diabète/asthme...			
62. Poussée d'une maladie rhumatismale chronique (Oui/non)			
63. Asthénie psychique (Oui/non)			
53. Manque de soutien social (Oui/non)			
54. Cause spirituelle (Oui/non)			
25. Accessibilité moyen de transport personnel (Oui/non)			
64. Autres causes : (Oui/non)			
65. L'échelle de Borg modifié CR10 <i>Evaluation de l'intensité de l'effort lors de la levé de sol sur une échelle de 0 à 10, le 1 étant très léger et 10 effort maximal</i>			
Sortie d'étude			
66. Causes de sortie d'étude <i>(Exacerbation, AVC, Cardiopathie ischémique, Perdue de vue, décès...)</i>			

FICHE D'EVALUATION FINALE J63 DU PROGRAMME SLS

1. Numéro d'identification				
67. Date de réévaluation JJ/MM/AAAA				
3. Nom et prénom				
68. Moyenne de lever de sol J63 (>22)				
Evaluation d'adhérence au programme				
69. Adhérent si à : J63 le patient fait ≥ 22 séries de SLS /j				
Causes de manque d'adhésion				
48. Dyspnée (Oui/non)				
49. Douleur articulaire (Oui/non)				
70. Décompensation d'une maladie sous-jacente : HTA /diabète/asthme				
71. Asthénie psychique (Oui/non)				
53. Manque de soutien social (Oui/non)				
54. Cause spirituelle (Oui/non)				
25. Accessibilité moyen de transport (Oui/non)				
72. Autres causes : (Oui/non)				
Evaluation de la dyspnée et de l'intensité de l'effort				
73. mMRC : Evaluation dyspnée (0 : effort physique important. 1 : marche rapide à plat ou en pente légère.. 2 : terrain plat : quelqu'un ou propre rythme 3 : quelques minutes ou une centaine de mètres sur terrain plat. 4 : quitte pas le domicile, habillage...)				
74. L'échelle de Borg modifié CR10 Evaluation de l'intensité de l'effort lors de la levée de sol sur une échelle de 0 à 10, le 1 étant très léger et 10 effort maximal				
Qualité de vie				
75. CAT (1,2,3,4,5)	Toux			
	Glaire			
	Oppression thoracique			
	Essoufflement			
	Activités			
	Inquiétudes			
	Sommeil			
	Energie			
Score				

Examen ostéo-articulaire				
28. Limitations des amplitudes de mouvement des genoux	Genou droite	En Flexion		
		En Extension		
	Genou gauche	En Flexion		
		En Extension		
Composition corporelle				
77. Poids (Kg) (Variable ouverte)				
78. IMC (Kg/m ²) (Variable ouverte)				
79. Masse adipeuse (Kg) (Variable ouverte)				
80. Graisse viscérale (sur 30 niveaux) (Variable ouverte)				
Performance Pulmonaire				
81. Spirométrie Post bronchodilatateur	VEMS			
	CVF			
	Indice de Tiffeneau			
Performances fonctionnelles de base				
82. Distance main-sol (cm) (Variable ouverte)				
83. Test de marche de 6 min (m) (Variable ouverte)				
84. 1 min STS Test (sit to stand test) (Nombre de répétitions) (Variable ouverte)				
85. Timed up and go test (s) (Variable ouverte)				
Tests de la force musculaire et l'endurance isotoniques				
86. Flexion de la jambe	La 1 RM isométrique (Kg)			
	50% de la 1 RM (s)			
86. Extension de la jambe	La 1 RM isométrique (Kg)			
	50% de la 1 RM (s)			
	50% la 1 RM (nombre)			
87. Flexion de l'épaule	La 1 RM isométrique (Kg)			
	50% de la 1 RM (s)			
	50% la 1 RM (nombre)			
88. Presse pectoral	La 1 RM isométrique (Kg)			
	50% la 1 RM (nombre)			
89. Stadification du BPCO (GOLD) (A, B, E)				
90. BODE score				
Sortie d'étude				
91. Causes de sortie d'étude (Exacerbation, AVC, Cardiopathie ischémique, Perdue de vue, décès...)				

X. BIBLIOGRAPHIE

1. GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Lond Engl*. 17 oct 2020;396(10258):1204-22.
2. Momtazmanesh S, Moghaddam SS, Ghamari SH, Rad EM, Rezaei N, Shobeiri P, et al. Global burden of chronic respiratory diseases and risk factors, 1990–2019: an update from the Global Burden of Disease Study 2019. *eClinicalMedicine*. mai 2023;59:101936.
3. Boers E, Barrett M, Su JG, Benjafield AV, Sinha S, Kaye L, et al. Global Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Through 2050. *JAMA Netw Open*. 7 déc 2023;6(12):e2346598.
4. Huertas A, Palange P. COPD: a multifactorial systemic disease. *Ther Adv Respir Dis*. juin 2011;5(3):217-24.
5. O'Donnell DE, Laveneziana P. Dyspnea and Activity Limitation in COPD: Mechanical Factors. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. janv 2007;4(3):225-36.
6. Hanania NA, O'Donnell DE. <p>Activity-related dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease: physical and psychological consequences, unmet needs, and future directions</p>. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. mai 2019;Volume 14:1127-38.
7. Horner A, Olschewski H, Hartl S, Valipour A, Funk GC, Studnicka M, et al. Physical Activity, Depression and Quality of Life in COPD – Results from the CLARA II Study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 29 nov 2023;18:2755-67.
8. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease - GOLD [Internet]. [cité 27 sept 2024]. 2024 GOLD Report. Disponible sur: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>
9. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J, et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 juin 2006;173(12):1390-413.
10. Rochester CL, Vogiatzis I, Holland AE, Lareau SC, Marciniuk DD, Puhan MA, et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Policy Statement: Enhancing Implementation, Use, and Delivery of Pulmonary Rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1 déc 2015;192(11):1373-86.
11. A Historical Perspective of Pulmonary Rehabilitation. In: *Textbook of Pulmonary Rehabilitation* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2018 [cité 8 juill 2025]. p. 3-18. Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-65888-9_1
12. McCarthy B, Casey D, Devane D, Murphy K, Murphy E, Lacasse Y. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Airways Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 24 févr 2015 [cité 8 juill 2025];2015(4). Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD003793.pub3>

13. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester 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*. 15 oct 2013;188(8):e13-64.
14. Spruit MA, Pitta F, Garvey C, ZuWallack RL, Roberts CM, Collins EG, et al. Differences in content and organisational aspects of pulmonary rehabilitation programmes. *Eur Respir J*. mai 2014;43(5):1326-37.
15. Garvey C, Bayles MP, Hamm LF, Hill K, Holland A, Limberg TM, et al. Pulmonary Rehabilitation Exercise Prescription in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Review of Selected Guidelines: AN OFFICIAL STATEMENT FROM THE AMERICAN ASSOCIATION OF CARDIOVASCULAR AND PULMONARY REHABILITATION. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. avr 2016;36(2):75.
16. Desveaux L, Janaudis-Ferreira T, Goldstein R, Brooks D. An International Comparison of Pulmonary Rehabilitation: A Systematic Review. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. 4 mars 2015;12(2):144-53.
17. Bickton FM, Shannon H. Barriers and Enablers to Pulmonary Rehabilitation in Low- and Middle-Income Countries: A Qualitative Study of Healthcare Professionals. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 13 janv 2022;17:141.
18. Oates GR, Niranjana SJ, Ott C, Scarinci IC, Schumann C, Parekh T, et al. Adherence to Pulmonary Rehabilitation in COPD: A QUALITATIVE EXPLORATION OF PATIENT PERSPECTIVES ON BARRIERS AND FACILITATORS. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. sept 2019;39(5):344.
19. Lahham A, Holland AE. The Need for Expanding Pulmonary Rehabilitation Services. *Life Basel Switz*. 15 nov 2021;11(11):1236.
20. Chuatrakoon B, Uthairak S, Ngai SP, Liwsrisakun C, Pothirat C, Sungkarat S. The effectiveness of home-based balance and pulmonary rehabilitation program in individuals with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. juin 2022;58(3):478-86.
21. Polkey MI, Qiu ZH, Zhou L, Zhu MD, Wu YX, Chen YY, et al. Tai Chi and Pulmonary Rehabilitation Compared for Treatment-Naïve Patients With COPD. *Chest*. mai 2018;153(5):1116-24.
22. Raj N, Bhati D, Arya A. A Yoga-based pulmonary rehabilitation for the management of Chronic obstructive pulmonary disease: A Randomized controlled trial. *Int J Altern Complement Med*. 27 avr 2023;7-14.
23. Wshah A, Butler S, Patterson K, Goldstein R, Brooks D. "Let's Boogie": FEASIBILITY OF A DANCE INTERVENTION IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. sept 2019;39(5):E14.

24. Marquez DX, Wilbur J, Hughes SL, Berbaum ML, Wilson RS, Buchner DM, et al. B.A.I.L.A. — A Latin dance randomized controlled trial for older Spanish-speaking Latinos: Rationale, design, and methods. *Contemp Clin Trials*. 1 juill 2014;38(2):397-408.
25. Osama M, Malik RJ. Salat (Muslim prayer) as a therapeutic exercise. *JPMA J Pak Med Assoc*. 1 mars 2019;69(3):399-404.
26. AlAbdulwahab SS, Kachanathu SJ, Oluseye K. Physical Activity Associated with Prayer Regimes Improves Standing Dynamic Balance of Healthy People. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(12):1565-8.
27. Lu W, Aarsand R, Schotte K, Han J, Lebedeva E, Tsoy E, et al. Tobacco and COPD: presenting the World Health Organization (WHO) Tobacco Knowledge Summary. *Respir Res*. 11 sept 2024;25(1):338.
28. Sinden NJ, Stockley RA. Systemic inflammation and comorbidity in COPD: a result of « overspill » of inflammatory mediators from the lungs? Review of the evidence. *Thorax*. 1 oct 2010;65(10):930-6.
29. Hogg JC, Chu F, Utokaparch S, Woods R, Elliott WM, Buzatu L, et al. The Nature of Small-Airway Obstruction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med*. 24 juin 2004;350(26):2645-53.
30. Physiopathology of chronic obstructive pulmonary disease - COPD. *J Funct Vent Pulmonol* [Internet]. 30 oct 2013 [cité 8 juill 2025];4(13). Disponible sur: <http://jfvpulm.com/?controller=Post&action=showPost&postid=250>
31. Barreiro E, Gea J. Molecular and biological pathways of skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis*. août 2016;13(3):297-311.
32. Higham A, Quinn AM, Cançado JED, Singh D. The pathology of small airways disease in COPD: historical aspects and future directions. *Respir Res*. 4 mars 2019;20(1):49.
33. Rodrigues S de O, Cunha CMC da, Soares GMV, Silva PL, Silva AR, Gonçalves-de-Albuquerque CF. Mechanisms, Pathophysiology and Currently Proposed Treatments of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Pharmaceuticals*. oct 2021;14(10):979.
34. Pathophysiology of Dyspnea in Chronic Obstructive Pulmonary Disease | A Roundtable | Proceedings of the American Thoracic Society [Internet]. [cité 8 mars 2025]. Disponible sur: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1513/pats.200611-159CC>
35. Anzueto A, Miravittles M. Pathophysiology of dyspnea in COPD. *Postgrad Med*. 3 avr 2017;129(3):366-74.
36. Csoma B, Vulpi MR, Dragonieri S, Bentley A, Felton T, Lázár Z, et al. Hypercapnia in COPD: Causes, Consequences, and Therapy. *J Clin Med*. janv 2022;11(11):3180.

37. Owens GR, Rogers RM, Pennock BE, Levin D. The Diffusing Capacity as a Predictor of Arterial Oxygen Desaturation during Exercise in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med*. 10 mai 1984;310(19):1218-21.
38. Barberà JA, Blanco I. Pulmonary Hypertension in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Drugs*. 1 juin 2009;69(9):1153-71.
39. Gea J, Casadevall C, Pascual S, Orozco-Levi M, Barreiro E. Respiratory diseases and muscle dysfunction. *Expert Rev Respir Med*. févr 2012;6(1):75-90.
40. Gea J, Agustí A, Roca J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. *J Appl Physiol*. mai 2013;114(9):1222-34.
41. Henrot P, Dupin I, Schilfarth P, Esteves P, Blervaque L, Zysman M, et al. Main Pathogenic Mechanisms and Recent Advances in COPD Peripheral Skeletal Muscle Wasting. *Int J Mol Sci*. janv 2023;24(7):6454.
42. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigaré 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*. 1 mai 2014;189(9):e15-62.
43. Gosker HR, Zeegers MP, Wouters EFM, Schols AMWJ. Muscle fibre type shifting in the vastus lateralis of patients with COPD is associated with disease severity: a systematic review and meta-analysis. *Thorax*. nov 2007;62(11):944-9.
44. Maddocks M, Shrikrishna D, Vitoriano S, Natanek SA, Tanner RJ, Hart N, et al. Skeletal muscle adiposity is associated with physical activity, exercise capacity and fibre shift in COPD. *Eur Respir J*. nov 2014;44(5):1188-98.
45. Ottenheijm CAC, Heunks LMA, Dekhuijzen PNR. Diaphragm Muscle Fiber Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 juin 2007;175(12):1233-40.
46. Green HJ, Bombardier E, Burnett M, Iqbal S, D'Arsigny CL, O'Donnell DE, et al. Organization of metabolic pathways in vastus lateralis of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Physiol-Regul Integr Comp Physiol*. sept 2008;295(3):R935-41.
47. Pitta F, Troosters T, Spruit MA, Probst VS, Decramer M, Gosselink R. Characteristics of Physical Activities in Daily Life in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1 mai 2005;171(9):972-7.
48. Barnes PJ. Inflammatory mechanisms in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Allergy Clin Immunol*. 1 juill 2016;138(1):16-27.
49. Byun MK, Cho EN, Chang J, Ahn CM, Kim HJ. Sarcopenia correlates with systemic inflammation in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. févr 2017;Volume 12:669-75.

50. Vogiatzis I, Stratakos G, Simoes DCM, Terzis G, Georgiadou O, Roussos C, et al. Effects of rehabilitative exercise on peripheral muscle TNF α , IL-6, IGF-I and MyoD expression in patients with COPD. *Thorax*. 1 nov 2007;62(11):950-6.
51. Londhe P, Guttridge DC. Inflammation induced loss of skeletal muscle. *Bone*. 1 nov 2015;80:131-42.
52. De Brandt J, Spruit MA, Derave W, Hansen D, Vanfleteren LEGW, Burtin C. Changes in structural and metabolic muscle characteristics following exercise-based interventions in patients with COPD: a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 3 mai 2016;10(5):521-45.
53. Debevec T, Ganse B, Mittag U, Eiken O, Mekjavic IB, Rittweger J. Hypoxia Aggravates Inactivity-Related Muscle Wasting. *Front Physiol* [Internet]. 15 mai 2018 [cité 8 juill 2025];9. Disponible sur: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.00494/full>
54. Jaitovich A, Angulo M, Lecuona E, Dada LA, Welch LC, Cheng Y, et al. High CO₂ Levels Cause Skeletal Muscle Atrophy via AMP-activated Kinase (AMPK), FoxO3a Protein, and Muscle-specific Ring Finger Protein 1 (MuRF1). *J Biol Chem*. avr 2015;290(14):9183-94.
55. Korponay TC, Balnis J, Vincent CE, Singer DV, Chopra A, Adam AP, et al. High CO₂ Downregulates Skeletal Muscle Protein Anabolism via AMP-activated Protein Kinase α 2-mediated Depressed Ribosomal Biogenesis. *Am J Respir Cell Mol Biol*. janv 2020;62(1):74-86.
56. Magallón M, Navarro-García MM, Dasí F. Oxidative Stress in COPD. *J Clin Med*. nov 2019;8(11):1953.
57. Fermoselle C, Rabinovich R, Ausín P, Puig-Vilanova E, Coronell C, Sanchez F, et al. Does oxidative stress modulate limb muscle atrophy in severe COPD patients? *Eur Respir J*. oct 2012;40(4):851-62.
58. Wang Y, Li P, Cao Y, Liu C, Wang J, Wu W. Skeletal Muscle Mitochondrial Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Underlying Mechanisms and Physical Therapy Perspectives. *Aging Dis*. 1 févr 2023;14(1):33-45.
59. Li CL, Liu JF, Liu SF. Mitochondrial Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Unraveling the Molecular Nexus. *Biomedicines*. avr 2024;12(4):814.
60. Yuan C, Chang D, Lu G, Deng X. Genetic polymorphism and chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 10 mai 2017;12:1385-93.
61. Barreiro E, Sznajder JI. Epigenetic regulation of muscle phenotype and adaptation: a potential role in COPD muscle dysfunction. *J Appl Physiol*. mai 2013;114(9):1263-72.
62. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigaré 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*. 1 mai 2014;189(9):e15-62.

63. Degens H, Gayan-Ramirez G, van Hees HWH. Smoking-induced Skeletal Muscle Dysfunction. From Evidence to Mechanisms. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 mars 2015;191(6):620-5.
64. Furlanetto KC, Donária L, Schneider LP, Lopes JR, Ribeiro M, Fernandes KB, et al. Sedentary Behavior Is an Independent Predictor of Mortality in Subjects With COPD. *Respir Care*. 1 mai 2017;62(5):579-87.
65. Layec G, Haseler LJ, Hoff J, Richardson RS. Evidence that a higher ATP cost of muscular contraction contributes to the lower mechanical efficiency associated with COPD: preliminary findings. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. mai 2011;300(5):R1142-1147.
66. De Brandt J, Spruit MA, Derave W, Hansen D, Vanfleteren LEGW, Burtin C. Changes in structural and metabolic muscle characteristics following exercise-based interventions in patients with COPD: a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 3 mai 2016;10(5):521-45.
67. Kaluźniak-Szymanowska A, Krzywińska-Siemaszko R, Deskur-Śmielecka E, Lewandowicz M, Kaczmarek B, Wieczorowska-Tobis K. Malnutrition, Sarcopenia, and Malnutrition-Sarcopenia Syndrome in Older Adults with COPD. *Nutrients*. 23 déc 2021;14(1):44.
68. Keogh E, Mark Williams E. Managing malnutrition in COPD: A review. *Respir Med*. janv 2021;176:106248.
69. Tomita M, Uchida M, Imaizumi Y, Monji M, Tokushima E, Kawashima M. The Relationship of Energy Malnutrition, Skeletal Muscle and Physical Functional Performance in Patients with Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Nutrients*. 23 juin 2022;14(13):2596.
70. Collins PF, Yang IA, Chang YC, Vaughan A. Nutritional support in chronic obstructive pulmonary disease (COPD): an evidence update. *J Thorac Dis*. oct 2019;11(Suppl 17):S2230-7.
71. Hanada M, Sakamoto N, Ishimatsu Y, Kakugawa T, Obase Y, Kozu R, et al. Effect of long-term treatment with corticosteroids on skeletal muscle strength, functional exercise capacity and health status in patients with interstitial lung disease. *Respirology*. 2016;21(6):1088-93.
72. Hanada M, Ishimatsu Y, Sakamoto N, Nagura H, Oikawa M, Morimoto Y, et al. Corticosteroids are associated with reduced skeletal muscle function in interstitial lung disease patients with mild dyspnea. *Respir Med*. 1 nov 2020;174:106184.
73. Schakman O, Kalista S, Barbé C, Loumaye A, Thissen JP. Glucocorticoid-induced skeletal muscle atrophy. *Int J Biochem Cell Biol*. oct 2013;45(10):2163-72.
74. Levin OS, Polunina AG, Demyanova MA, Isaev FV. Steroid myopathy in patients with chronic respiratory diseases. *J Neurol Sci*. mars 2014;338(1-2):96-101.
75. Benz E, Lahousse L, Arinze JT, Wijnant S, De Ridder M, Rivadeneira F, et al. Oral corticosteroid use and sarcopenia-related traits in older people with chronic airway disease: a population-based study. *ERJ Open Res*. sept 2023;9(5):00492-2023.

76. Zeng Y, Jiang F, Chen Y, Chen P, Cai S. Exercise assessments and trainings of pulmonary rehabilitation in COPD: a literature review. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* juin 2018;Volume 13:2013-23.
77. Tarigan AP, Pandia P, Mutiara E, Pradana A, Rhinsilva E, Efriyandi E. Impact of Lower-Limb Endurance Training on Dyspnea and Lung Functions in Patients with COPD. *Open Access Maced J Med Sci.* 17 déc 2018;6(12):2354-8.
78. Leung RWM, Alison JA, McKeough ZJ, Peters MJ. Ground walk training improves functional exercise capacity more than cycle training in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a randomised trial. *J Physiother.* 2010;56(2):105-12.
79. Breyer MK, Breyer-Kohansal R, Funk GC, Dornhofer N, Spruit MA, Wouters EF, et al. Nordic Walking improves daily physical activities in COPD: a randomised controlled trial. *Respir Res.* 22 août 2010;11(1):112.
80. Moezy A, Erfani A, Mazaherinezhad A, Mousavi SAJ. Downhill walking influence on physical condition and quality of life in patients with COPD: A randomized controlled trial. *Med J Islam Repub Iran.* 14 juin 2018;32:49.
81. Mahler DA, Gifford AH, Waterman LA, Ward J, Machala S, Baird JC. Mechanism of Greater Oxygen Desaturation During Walking Compared With Cycling in Patients With COPD. *CHEST.* 1 août 2011;140(2):351-8.
82. Wootton SL, Ng LWC, McKeough ZJ, Jenkins S, Hill K, Eastwood PR, et al. Ground-based walking training improves quality of life and exercise capacity in COPD. *Eur Respir J.* 30 sept 2014;44(4):885-94.
83. Farias CC, Resqueti V, Dias FAL, Borghi-Silva A, Arena R, Fregonezi GAF. Costs and benefits of Pulmonary Rehabilitation in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2 mai 2014;18:165-73.
84. Pothirat C, Chaiwong ,Warawut, Phetsuk ,Nittaya, Liwsrisakun ,Chalerm, Bumroongkit ,Chaiwat, Deesomchok ,Athavudh, et al. Long-term efficacy of intensive cycle ergometer exercise training program for advanced COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 12 janv 2015;10:133-44.
85. Li Y, Wu W, Wang X, Chen L. Effect of Endurance Training in COPD Patients Undergoing Pulmonary Rehabilitation: A Meta-Analysis. *Lou X, éditeur. Comput Math Methods Med.* 7 sept 2022;2022:1-7.
86. Troosters T, Probst VS, Crul T, Pitta F, Gayan-Ramirez G, Decramer M, et al. Resistance Training Prevents Deterioration in Quadriceps Muscle Function During Acute Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 mai 2010;181(10):1072-7.

87. Liao W hua, Chen J wu, Chen X, Lin L, Yan H yan, Zhou Y qi, et al. Impact of Resistance Training in Subjects With COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respir Care*. août 2015;60(8):1130-45.
88. Freire APCF, Marçal Camillo ,Carlos Augusto, de Alencar Silva ,Bruna Spolador, Uzeloto ,Juliana Souza, Francisco de Lima ,Fabiano, Alberto Gobbo ,Luis, et al. Resistance training using different elastic components offers similar gains on muscle strength to weight machine equipment in Individuals with COPD: A randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract*. 2 janv 2022;38(1):14-27.
89. Nyberg A, Lindström B, Rickenlund A, Wadell K. Low-load/high-repetition elastic band resistance training in patients with COPD: a randomized, controlled, multicenter trial. *Clin Respir J*. juill 2015;9(3):278-88.
90. Chen YW, Ramsook AH, Coxson HO, Bon J, Reid WD. Prevalence and Risk Factors for Osteoporosis in Individuals With COPD. *Chest*. déc 2019;156(6):1092-110.
91. Frykholm E, Klijn P, Saey D, van Hees HWH, Stål P, Sandström T, et al. Effect and feasibility of non-linear periodized resistance training in people with COPD: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 3 janv 2019;20(1):6.
92. Gao M, Huang Y, Wang Q, Liu K, Sun G. Effects of High-Intensity Interval Training on Pulmonary Function and Exercise Capacity in Individuals with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Adv Ther*. 1 janv 2022;39(1):94-116.
93. Beauchamp MK, Nonoyama M, Goldstein RS, Hill K, Dolmage TE, Mathur S, et al. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease- a systematic review. *Thorax*. 1 févr 2010;65(2):157-64.
94. Arnardóttir RH, Boman G, Larsson K, Hedenström H, Emtner M. Interval training compared with continuous training in patients with COPD. *Respir Med*. juin 2007;101(6):1196-204.
95. Sawyer A, Cavalheri V, Hill K. Effects of high intensity interval training on exercise capacity in people with chronic pulmonary conditions: a narrative review. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. déc 2020;12(1):22.
96. Wang H, Liu Q, Liu L, Cao J, Liang Q, Zhang X. High-intensity interval training improves the outcomes of patients with chronic obstructive pulmonary disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Respir Med*. 1 mars 2023;208:107128.
97. Wang X, Lu J, Niu J, Zhang X, Li M. Effectiveness of high-intensity interval training in rehabilitation nursing for mild-to-moderate stable COPD patients: a randomized controlled clinical trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 27 févr 2025;17(1):28.
98. Karagiannis C, Savva C, Korakakis V, Ploutarchou G, Adamide T, Georgiou A, et al. The effects of upper limb exercise training on upper limb muscle strength in people with chronic

obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ther Adv Respir Dis*. janv 2023;17:17534666231170813.

99. Yun R, Bai Y, Lu Y, Wu X, Lee SD. How Breathing Exercises Influence on Respiratory Muscles and Quality of Life among Patients with COPD? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Santus P, éditeur. Can Respir J*. 29 janv 2021;2021:1-11.

100. Beaumont M, Forget P, Couturaud F, Reyckler G. Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. *Clin Respir J*. 2018;12(7):2178-88.

101. Figueiredo RIN, Azambuja AM, Cureau FV, Sbruzzi G. Inspiratory Muscle Training in COPD. *Respir Care*. août 2020;65(8):1189-201.

102. Tounsi B, Acheche A, Lelard T, Tabka Z, Trabelsi Y, Ahmaidi S. Effects of specific inspiratory muscle training combined with whole-body endurance training program on balance in COPD patients: Randomized controlled trial. *PLOS ONE*. 23 sept 2021;16(9):e0257595.

103. Charususin N, Gosselink R, Decramer M, Demeyer H, McConnell A, Saey D, et al. Randomised controlled trial of adjunctive inspiratory muscle training for patients with COPD. *Thorax*. oct 2018;73(10):942-50.

104. Mendes LP, Moraes KS, Hoffman M, Vieira DS, Ribeiro-Samora GA, Lage SM, et al. Effects of Diaphragmatic Breathing With and Without Pursed-Lips Breathing in Subjects With COPD. *Respir Care*. 1 févr 2019;64(2):136-44.

105. Vázquez-Gandullo E, Hidalgo-Molina A, Montoro-Ballesteros F, Morales-González M, Muñoz-Ramírez I, Arnedillo-Muñoz A. Inspiratory Muscle Training in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) as Part of a Respiratory Rehabilitation Program Implementation of Mechanical Devices: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 3 mai 2022;19(9):5564.

106. Carunta V, Almajan B, Crisan AF, Pescaru CC, Galuscan A, Jumanca DE. The impact of a rehabilitation program on static, locomotion, and balance impairments in COPD patients. *Med Evol*. 30 juin 2024;30(2):232-7.

107. Loughran KJ, Atkinson G, Beauchamp MK, Dixon J, Martin D, Rahim S, et al. Balance impairment in individuals with COPD: a systematic review with meta-analysis. *Thorax*. juill 2020;75(7):539-46.

108. Beauchamp MK, Janaudis-Ferreira T, Parreira V, Romano JM, Woon L, Goldstein RS, et al. A Randomized Controlled Trial of Balance Training During Pulmonary Rehabilitation for Individuals With COPD. *Chest*. déc 2013;144(6):1803-10.

109. Tian R, Qiao Z, Zhou Z, Zhang J, Sa S, Liu K. Effect of Active and Passive Stretching on Symptoms in Stable COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis [Internet]. *Research Square Platform LLC*; 2023 [cité 8 juill 2025]. Disponible sur: <https://www.researchsquare.com/article/rs-2546456/v1>

110. Okura K, Nonoyama T, Shibuya M, Yamamoto S, Kawachi S, Nishie K, et al. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Physiother Res Int*. 2024;29(2):e2076.
111. Wu X, Hu X, Hu W, Xiang G, Li S. Effects of neuromuscular electrical stimulation on exercise capacity and quality of life in COPD patients: a systematic review and meta-analysis. *Biosci Rep*. 27 mai 2020;40(5):BSR20191912.
112. Lu Z, Dong QY, Wu CF, Shu L, Liang B, Yang HZ, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps muscle strength, exercise capacity, quality of life and dyspnea in severe COPD: A systematic review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials [Internet]. Research Square; 2023 [cité 28 avr 2025]. Disponible sur: <https://www.researchsquare.com/article/rs-3567188/v1>
113. Liu M, Luo J, Zhou J, Zhu X. Intervention effect of neuromuscular electrical stimulation on ICU acquired weakness: A meta-analysis. *Int J Nurs Sci*. avr 2020;7(2):228-37.
114. Jin S, Huang B, Kong Y, Zhou X, Ma J. Effect of neuromuscular electrical stimulation combined with respiratory rehabilitation training on pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiothorac Surg*. 22 janv 2025;20(1):79.
115. Meys R, Sillen MJ, Franssen FME, Stoffels AAF, Wouters EFM, van Hees HWH, et al. Impact of mild-to-moderate exacerbations on outcomes of neuromuscular electrical stimulation (NMES) in patients with COPD. *Respir Med*. janv 2020;161:105851.
116. LoMauro A, Gervasoni F. 20 years of neuromuscular electrical stimulation in COPD. *Eur Respir Rev*. 31 janv 2024;33(171):220247.
117. Gloeckl R, Heinzelmann I, Baeuerle S, Damm E, Schwedhelm AL, Diril M, et al. Effects of whole body vibration in patients with chronic obstructive pulmonary disease – A randomized controlled trial. *Respir Med*. 1 janv 2012;106(1):75-83.
118. Cardim AB, Marinho PE, Nascimento JF, Fuzari HK, Dornelas de Andrade A. Does Whole-Body Vibration Improve the Functional Exercise Capacity of Subjects With COPD? A Meta-Analysis. *Respir Care*. nov 2016;61(11):1552-9.
119. Zhou J, Pang J, Long, Chen J, Nan, Wang J, Zihuai, Wang J, Chengdi, Hai J, Yang, et al. Whole-body vibration training – better care for COPD patients: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 10 oct 2018;13:3243-54.
120. Gloeckl R, Jarosch I, Bengsch U, Claus M, Schneeberger T, Andrianopoulos V, et al. What's the secret behind the benefits of whole-body vibration training in patients with COPD? A randomized, controlled trial. *Respir Med*. mai 2017;126:17-24.
121. Gloeckl R, Schneeberger T, Leidl D, Reinold T, Nell C, Jarosch I, et al. Whole-body vibration training versus conventional balance training in patients with severe COPD—a randomized, controlled trial. *Respir Res*. 4 mai 2021;22(1):138.

122. Fekete M, Fazekas-Pongor V, Balazs P, Tarantini S, Szollosi G, Pako J, et al. Effect of malnutrition and body composition on the quality of life of COPD patients. *Physiol Int.* 9 juill 2021;108(2):238-50.
123. Huang WJ, Fan XX, Yang YH, Zeng YM, Ko CY. A review on the Role of Oral Nutritional Supplements in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J Nutr Health Aging.* juill 2022;26(7):723-31.
124. Bernardes S, Eckert I da C, Burgel CF, Teixeira PJZ, Silva FM. Increased energy and/or protein intake improves anthropometry and muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease patients: a systematic review with meta-analysis on randomised controlled clinical trials. *Br J Nutr.* avr 2023;129(8):1332-49.
125. Van De Boel C, Rutten EPA, Van Helvoort A, Franssen FME, Wouters EFM, Schols AMWJ. A randomized clinical trial investigating the efficacy of targeted nutrition as adjunct to exercise training in COPD. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* oct 2017;8(5):748-58.
126. Conway V, Hukins C, Sharp S, Collins PF. Nutritional Support in Malnourished Outpatients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): A Randomized Controlled Pilot Study. *Nutrients.* janv 2024;16(11):1696.
127. Hill K, Vogiatzis I, Burtin C. The importance of components of pulmonary rehabilitation, other than exercise training, in COPD. *Eur Respir Rev.* 30 août 2013;22(129):405-13.
128. Brown AT, Hitchcock J, Jason, Schumann C, Christopher, Wells J, Michael, Dransfield M, and Bhatt SP. Determinants of successful completion of pulmonary rehabilitation in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 25 févr 2016;11:391-7.
129. Sahin H, Naz I. The effect of pulmonary rehabilitation on smoking and health outcomes in COPD patients. *Clin Respir J.* 2021;15(8):855-62.
130. Peiffer G, Underner M, Perriot J. BPCO et sevrage tabagique : attentes des patients et réponses des professionnels de santé. *Rev Pneumol Clin.* 1 déc 2018;74(6):375-90.
131. Principe R, Zagà V, Martucci P, Michele LD, Barbetta C, Serafini A, et al. Smoking cessation in the management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): narrative review and recommendations. *Ann Dell'Istituto Super Sanità.* 20 juin 2024;60(1):14-28.
132. Blackstock FC, Evans RA. Rehabilitation in lung diseases: 'Education' component of pulmonary rehabilitation. *Respirology.* sept 2019;24(9):863-70.
133. Roberts NJ, Kidd L, Kirkwood K, Cross J, Partridge MR. A systematic review of the content and delivery of education in pulmonary rehabilitation programmes. *Respir Med.* 1 déc 2018;145:161-81.

134. Early F, Wellwood J, Kuhn J, Deaton C, Fuld J. Interventions to increase referral and uptake to pulmonary rehabilitation in people with COPD: a systematic review. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 29 oct 2018;13:3571-86.
135. Collinworth AW, Brown M, James S, Cameron S, Stanford R, Alemayehu D, and Priest EL. The impact of patient education and shared decision making on hospital readmissions for COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 24 avr 2018;13:1325-32.
136. Burkow TM, Vognild LK, Johnsen E, Risberg MJ, Bratvold A, Breivik E, et al. Comprehensive pulmonary rehabilitation in home-based online groups: a mixed method pilot study in COPD. *BMC Res Notes*. 10 déc 2015;8(1):766.
137. Sauriasari R, Madani RA, Rozaliyani A, Sudiana D. The effect of repeated education using live demonstrations and videos of how to use inhalation drugs on quality of life for COPD patients. *Heliyon*. sept 2021;7(9):e07870.
138. Lindh A, Theander K, Arne M, Lisspers K, Lundh L, Sandelowsky H, et al. One additional educational session in inhaler use to patients with COPD in primary health care – A controlled clinical trial. *Patient Educ Couns*. sept 2022;105(9):2969-75.
139. Vitacca M, Paneroni M, Fracassi M, Mandora E, Cerqui L, Benedetti G, et al. Inhaler technique knowledge and skills before and after an educational program in obstructive respiratory disease patients: A real-life pilot study. *Pulmonology*. 30 mars 2023;29(2):130-7.
140. Rządkiwicz M, Nasiłowski J. Psychosocial Interventions for Patients with Severe COPD—An Up-to-Date Literature Review. *Medicina (Mex)*. sept 2019;55(9):597.
141. Mathews AM. The Functional and Psychosocial Consequences of COPD. *Respir Care*. juill 2023;68(7):914-26.
142. Smith SMS, Sonogo S, Ketcheson L, Larson JL. A review of the effectiveness of psychological interventions used for anxiety and depression in chronic obstructive pulmonary disease. *BMJ Open Respir Res*. nov 2014;1(1):e000042.
143. Heslop-Marshall K, Baker C, Carrick-Sen D, Newton J, Echevarria C, Stenton C, et al. Randomised controlled trial of cognitive behavioural therapy in COPD. *ERJ Open Res*. oct 2018;4(4):00094-2018.
144. Lenferink A, van der Palen J, Job, and Effing T. The role of social support in improving chronic obstructive pulmonary disease self-management. *Expert Rev Respir Med*. 3 août 2018;12(8):623-6.
145. Turnier L, Eakin M, Woo H, Dransfield M, Parekh T, Krishnan JA, et al. The influence of social support on COPD outcomes mediated by depression. *PLOS ONE*. 17 mars 2021;16(3):e0245478.

146. Liu X, Fu C, Hu W, Hao S, Xie L, Wu X, et al. The effect of Tai Chi on the pulmonary rehabilitation of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Ann Palliat Med.* avr 2021;10(4):3763-82.
147. Wu W, Liu X, Liu J, Li P, Wang Z. Effectiveness of water-based Liuzijue exercise on respiratory muscle strength and peripheral skeletal muscle function in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* mai 2018;Volume 13:1713-26.
148. Mendes Xavier D, Lanza Galvão E, Aliane Fonseca A, De Souza GM, Pereira Lima V. Effects of Home-Based Pulmonary Rehabilitation on Dyspnea, Exercise Capacity, Quality of Life and Impact of the Disease in COPD Patients: A Systematic Review. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis.* 31 déc 2022;19(1):18-46.
149. McNamara RJ, Dale M, McKeough ZJ. Innovative strategies to improve the reach and engagement in pulmonary rehabilitation. *J Thorac Dis.* oct 2019;11(Suppl 17):S2192-9.
150. Armstrong M, Vogiatzis I. Personalized exercise training in chronic lung diseases. *Respirology.* 2019;24(9):854-62.
151. Niu Y, Buranarugsa R, Kuhirunyaratn P. Tai chi: definition, history, style, principles, and health benefits.
152. Herloheti Pella Y, Hasanudin H, Bakti Prasetyo Y, Rey Ugsang Acob J, Setiya Dewi Y. The Effectiveness of Tai Chi on Increasing Exercise Capacity and Quality of Life in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic review. (Taichi Effectiveness in COPD Patients. *J Int Dent Med Res.* 6 août 2021;14(4):1753-9.
153. Wehner C, Blank C, Arvandi M, Wehner C, Schobersberger W. Effect of Tai Chi on muscle strength, physical endurance, postural balance and flexibility: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med.* févr 2021;7(1):e000817.
154. Luo C, Jiang H, Li H, Chi X. Effects of Tai Chi on patients with moderate to severe COPD in stable phase. *Medicine (Baltimore).* 7 avr 2023;102(14):e33503.
155. Karabulutlu EY, Şimşekli D, Üstündağ Ş. The Effect of Tai Chi on Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review.
156. Kantatong T, Panpanich R, Deesomchok A, Sungkarat S, Siviroj P. Effects of the tai chi qigong programme on functional capacity, and lung function in chronic obstructive pulmonary disease patients: A randomised controlled trial. *J Tradit Complement Med.* juill 2020;10(4):354-9.
157. Liu W, Liu XM, Huang YL, Yu PM, Zhang XW, Zhao C, et al. Tai Chi as a complementary exercise for pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease: A randomised controlled trial. *Complement Ther Med.* nov 2023;78:102977.
158. Ivtzan I, Jegatheeswaran S. The Yoga Boom in Western Society: Practitioners' Spiritual vs. Physical Intentions and Their Impact on Psychological Wellbeing. *J Yoga Phys Ther [Internet].* 2015

[cité 8 juill 2025];05(03). Disponible sur: <https://www.omicsonline.org/open-access/the-yoga-boom-in-western-society-practitioners-spiritual-vs-physical-intentions-and-their-impact-on-psychological-wellbeing-2157-7595-1000204.php?aid=60628>

159. Agnihotri S, Gaur P, Bhattacharya S, Kant S, Pandey S. Benefits of Yoga in Respiratory Diseases. *Indian J Pharm Biol Res.* 31 déc 2018;6(04):10-3.

160. Cramer H, Haller H, Klose P, Ward L, Chung VC, Lauche R. The risks and benefits of yoga for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* déc 2019;33(12):1847-62.

161. Reyckler G, Poncin W, Montigny S, Luts A, Caty G, Pieters T. Efficacy of yoga, tai chi and qi gong on the main symptoms of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review. *Respir Med Res.* 1 mai 2019;75:13-25.

162. Biswas J, Ghosh AK, Ghosh A. Effect of Yoga on Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease as Evaluated by Six Minute Walk Test and Spirometry. *Int J Life Sci.* 2024;13(10).

163. Sujie M, Kaiwen X, Hong X, Xiu Jin G. The impact of traditional mind–body exercises on pulmonary function, exercise capacity, and quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Med* [Internet]. 19 juin 2024 [cité 8 juill 2025];11. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2024.1359347/full>

164. Ranjita R, Hankey A, Nagendra HR, Mohanty S. Yoga-based pulmonary rehabilitation for the management of dyspnea in coal miners with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized controlled trial. *J Ayurveda Integr Med.* 1 juill 2016;7(3):158-66.

165. Prasad R, Garg R, Sahay S. To study the effect of yoga asana and pranayama on pulmonary function test in chronic obstructive pulmonary disease (copd) patients. *Santosh Univ J Health Sci.* déc 2022;8(2):126.

166. Malik S, Dua R, Krishnan AS, Kumar S, Kumar S, Neyaz O, et al. Exercise Capacity in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease Treated With Tele-Yoga Versus Tele-Pulmonary Rehabilitation: A Pilot Validation Study. *Cureus* [Internet]. 1 nov 2022 [cité 8 juill 2025]; Disponible sur: <https://www.cureus.com/articles/119253-exercise-capacity-in-patients-with-chronic-obstructive-pulmonary-disease-treated-with-tele-yoga-versus-tele-pulmonary-rehabilitation-a-pilot-validation-study>

167. Marquez DX, Bustamante EE, Aguiñaga S, Hernandez R. BAILAMOS©: Development, Pilot Testing, and Future Directions of a Latin Dance Program for Older Latinos. *Health Educ Behav.* 1 oct 2015;42(5):604-10.

168. Patterson KK, Wong JS, Prout EC, Brooks D. Dance for the rehabilitation of balance and gait in adults with neurological conditions other than Parkinson's disease: A systematic review. *Heliyon*. mars 2018;4(3):e00584.
169. Philip KEJ, Lewis A, Williams S, Buttery SC, Polkey MI, Man W, et al. Dance for people with chronic respiratory disease: a qualitative study. *BMJ Open*. oct 2020;10(10):e038719.
170. Harrison S, Bierski K, Burn N, Mclusky S, McFaul V, Russell A, et al. Dance for people with chronic breathlessness: a transdisciplinary approach to intervention development. *BMJ Open Respir Res*. nov 2020;7(1):e000696.
171. Kaya Ş, Canli Özer Z. The impact of music therapy in the rehabilitation of individuals with COPD: systematic review. *Turk J Health Sci Life*. 30 déc 2022;5(3):237-46.
172. Kaasgaard M, Rasmussen DB, Løkke A, Vuust P, Hilberg O, Bodtger U. Physiological changes related to 10 weeks of singing for lung health in patients with COPD. *BMJ Open Respir Res*. mai 2022;9(1):e001206.
173. Kaasgaard M, Rasmussen DB, Andreasson KH, Hilberg O, Løkke A, Vuust P, et al. Use of Singing for Lung Health as an alternative training modality within pulmonary rehabilitation for COPD: a randomised controlled trial. *Eur Respir J*. mai 2022;59(5):2101142.
174. Domene PA, Moir HJ, Pummell E, Easton C. Salsa dance and Zumba fitness: Acute responses during community-based classes. *J Sport Health Sci*. juin 2016;5(2):190-6.
175. Philip KE, Cartwright LL, Westlake D, Nyakoojo G, Kimuli I, Kirenga B, et al. Music and dance in respiratory disease management in Uganda: a qualitative study of patient and healthcare professional perspectives. *BMJ Open*. sept 2021;11(9):e053189.
176. Waller B, Ogonowska-Słodownik A, Vitor M, Rodionova K, Lambeck J, Heinonen A, et al. The effect of aquatic exercise on physical functioning in the older adult: a systematic review with meta-analysis. *Age Ageing*. sept 2016;45(5):594-602.
177. Benzo-Iglesias MJ, Rocamora-Pérez P, Valverde-Martínez MÁ, García-Luengo AV, López-Liria R. Effectiveness of Water-Based Exercise in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sensors*. 18 oct 2023;23(20):8557.
178. Felcar JM, Probst VS, De Carvalho DR, Merli MF, Mesquita R, Vidotto LS, et al. Effects of exercise training in water and on land in patients with COPD: a randomised clinical trial. *Physiotherapy*. déc 2018;104(4):408-16.
179. Yamashina Y, Hirayama T, Aoyama H, Hori H, Morita E, Sakagami N, et al. Effects of Water Immersion in Different Water Depths on Respiratory Function and Respiratory Muscle Strength among Elderly People: An Observational Study. *Adv Aging Res*. 2021;10(04):71-7.
180. Iwandani NL, Rosyid FN. Literature Review: Effect of Water-Based Exercise on Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Patients. *INDOGENIUS*. 31 janv 2025;4(1):28-33.

181. Charususin N, Sricharoenchai T, Pongpanit K, Yuenyongchaiwat K, Namdaeng P, Laosiripisan J, et al. Beneficial Effect of Water-Based Exercise Training on Exercise Capacity in COPD Patients—a Pilot Study. *Front Rehabil Sci* [Internet]. 17 nov 2021 [cité 8 juill 2025];2. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fresc.2021.728973/full>
182. Gallo-Silva B, Cerezer-Silva V, Ferreira DG, Sakabe DI, Kel-Souza LD, Bertholo VC, et al. Effect of water exercise on the respiratory function and functional capacity of patients with COPD: a randomized controlled trial. *Fisioter Em Mov*. 17 juin 2024;37:e37121.
183. Uzzaman MN, Chan SC, Shunmugam RH, Engkasan JP, Agarwal D, Habib GMM, et al. Clinical effectiveness and components of Home-pulmonary rehabilitation for people with chronic respiratory diseases: a systematic review protocol. *BMJ Open*. oct 2021;11(10):e050362.
184. Horton EJ, Mitchell KE, Johnson-Warrington V, Apps LD, Sewell L, Morgan M, et al. Comparison of a structured home-based rehabilitation programme with conventional supervised pulmonary rehabilitation: a randomised non-inferiority trial. *Thorax*. 1 janv 2018;73(1):29-36.
185. Uzzaman MdN, Agarwal D, Chan SC, Patrick Engkasan J, Habib GMM, Hanafi NS, et al. Effectiveness of home-based pulmonary rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Eur Respir Rev*. 30 sept 2022;31(165):220076.
186. Frei A, Radtke T, Dalla Lana K, Brun P, Sigrist T, Spielmanns M, et al. Effectiveness of a Long-term Home-Based Exercise Training Program in Patients With COPD After Pulmonary Rehabilitation: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Chest*. déc 2022;162(6):1277-86.
187. Tsutsui M, Gerayeli ,Firoozeh, and Sin DD. Pulmonary Rehabilitation in a Post-COVID-19 World: Telerehabilitation as a New Standard in Patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 19 févr 2021;16:379-91.
188. Mousavi Baigi SF, Sarbaz M, Ghaddaripouri K, Noori N, Kimiafar K. The Effect of Tele-Rehabilitation on Improving Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review of Randomized Controlled Clinical Trials. *Front Health Inform*. 9 mai 2022;11(1):113.
189. Dai Y, Huang H, Zhang Y, He N, Shen M, Li H. The effects of telerehabilitation on physiological function and disease symptom for patients with chronic respiratory disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pulm Med*. 28 juin 2024;24(1):305.
190. Galdiz JB, Gómez A, Rodriguez D, Guell R, Cebollero P, Hueto J, et al. Telerehabilitation Programme as a Maintenance Strategy for COPD Patients: A 12-Month Randomized Clinical Trial. *Arch Bronconeumol Engl Ed*. mars 2021;57(3):195-204.
191. Li Y, Qian H, Yu K, Huang Y. The Long-Term Maintenance Effect of Remote Pulmonary Rehabilitation via Social Media in COPD: A Randomized Controlled Trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. mai 2022;Volume 17:1131-42.

192. Chung C, Lee JW, Lee SW, Jo MW. Clinical Efficacy of Mobile App–Based, Self-Directed Pulmonary Rehabilitation for Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR MHealth UHealth*. 4 janv 2024;12(1):e41753.
193. Gloeckl R, Spielmanns M, Stankeviciene A, Plidschun A, Kroll D, Jarosch I, et al. Smartphone application-based pulmonary rehabilitation in COPD: a multicentre randomised controlled trial. *Thorax*. avr 2025;80(4):209-17.
194. Manifold J, Chaudhry Y, Singh SJ, Ward TJC, Whelan ME, Orme MW. Changes in physical activity, sedentary behaviour and sleep following pulmonary rehabilitation: a systematic review and network meta-analysis. *Eur Respir Rev*. 30 avr 2024;33(172):230225.
195. Bossenbroek L, de Greef MHG, Wempe JB, Krijnen WP, ten Hacken NHT. Daily Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. 18 août 2011;8(4):306-19.
196. Crook S, Büsching G, Keusch S, Wieser S, Turk A, Frey M, et al. The association between daily exacerbation symptoms and physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 18 juill 2018;13:2199-206.
197. Valeiro B, Rodríguez E, Pérez P, Gómez A, Mayer AI, Pasarín A, et al. Promotion of physical activity after hospitalization for COPD exacerbation: A randomized control trial. *Respirology*. 2023;28(4):357-65.
198. Yohannes AM, Dryden S, Casaburi R, Hanania NA. Long-Term Benefits of Pulmonary Rehabilitation in Patients With COPD. *Chest*. mars 2021;159(3):967-74.
199. Garcia-Rio F, Rojo B, Casitas R, Lores V, Madero R, Romero D, et al. Prognostic Value of the Objective Measurement of Daily Physical Activity in Patients With COPD. *Chest*. 1 août 2012;142(2):338-46.
200. Blondeel A, Demeyer H, Janssens W, Troosters T. The role of physical activity in the context of pulmonary rehabilitation. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. 2 nov 2018;15(6):632-9.
201. Mahler DA, Horowitz MB. Perception of breathlessness during exercise in patients with respiratory disease. *Med Sci Sports Exerc*. sept 1994;26(9):1078-81.
202. Mador MJ, Kufel TJ. Reproducibility of visual analog scale measurements of dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. juill 1992;146(1):82-7.
203. Perez T. La dyspnée : pourquoi l'évaluer et comment ? *Arch Mal Prof Environ*. 1 nov 2014;75(5):537-8.
204. Hajiro T, Nishimura K, Tsukino M, Ikeda A, Koyama H, Izumi T. Analysis of Clinical Methods Used to Evaluate Dyspnea in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med*. oct 1998;158(4):1185-9.

205. Tsiligianni IG, Alma HJ, de Jong C, Jelusic D, Wittmann M, Schuler M, et al. Investigating sensitivity, specificity, and area under the curve of the Clinical COPD Questionnaire, COPD Assessment Test, and Modified Medical Research Council scale according to GOLD using St George's Respiratory Questionnaire cutoff 25 (and 20) as reference. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 18 mai 2016;11:1045-52.
206. Cheng SL, Lin CH, Wang CC, Chan MC, Hsu JY, Hang LW, et al. Comparison between COPD Assessment Test (CAT) and modified Medical Research Council (mMRC) dyspnea scores for evaluation of clinical symptoms, comorbidities and medical resources utilization in COPD patients. *J Formos Med Assoc*. 1 janv 2019;118(1, Part 3):429-35.
207. Andrade CP, Zamuner AR, Forti M, França TF de, Silva E da. The Borg CR-10 scale is suitable to quantify aerobic exercise intensity in women with fibromyalgia syndrome. *Fisioter E Pesqui*. sept 2017;24:267-72.
208. Kendrick KR, Baxi SC, Smith RM. Usefulness of the modified 0-10 Borg scale in assessing the degree of dyspnea in patients with COPD and asthma. *J Emerg Nurs*. 1 juin 2000;26(3):216-22.
209. Laurendeau C, Pribil C, Perez T, Roche N, Simeoni MC, Detournay B. [Validation study of the BDI/TDI scores in chronic obstructive pulmonary disease]. *Rev Mal Respir*. 1 sept 2009;26(7):735-43.
210. Baseline Dyspnea Index (BDI) & Transition Dyspnea Index (TDI) [Internet]. [cité 12 mars 2025]. Disponible sur: <https://www.thoracic.org/members/assemblies/assemblies/srn/questionnaires/bdi-tdi.php>
211. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 oct 2019;200(8):e70-88.
212. Malo J. A tribute to Tiffeneau's original contribution in the current issue of the journal. *Allergy*. oct 2006;61(10):1200-1.
213. Wilt TJ, Niewoehner D, Kim C, Kane RL, Linabery A, Tacklind J, et al. Use of Spirometry for Case Finding, Diagnosis, and Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): Summary. In: AHRQ Evidence Report Summaries [Internet]. Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2005 [cité 3 mai 2025]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK11880/>
214. Graham BL, Brusasco V, Burgos F, Cooper BG, Jensen R, Kendrick A, et al. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*. janv 2017;49(1):1600016.
215. Balasubramanian A, MacIntyre NR, Henderson RJ, Jensen RL, Kinney G, Stringer WW, et al. Diffusing Capacity of Carbon Monoxide in Assessment of COPD. *Chest*. 1 déc 2019;156(6):1111-9.

216. Balasubramanian A, Kolb TM, Damico RL, Hassoun PM, McCormack MC, Mathai SC. Diffusing Capacity Is an Independent Predictor of Outcomes in Pulmonary Hypertension Associated With COPD. *Chest*. 1 août 2020;158(2):722-34.
217. Jones PW, Quirk FH, Baveystock CM. The St George's Respiratory Questionnaire. *Respir Med*. sept 1991;85 Suppl B:25-31; discussion 33-37.
218. St. George's Respiratory Questionnaire (SGRQ) [Internet]. [cité 14 mars 2025]. Disponible sur: <https://www.thoracic.org/members/assemblies/assemblies/srn/questionnaires/sgrq.php>
219. Kuźniar T, Patkowski J. [St. George's Hospital questionnaire (St. George's Respiratory Questionnaire) as an instrument for quality of life assessment in respiratory tract diseases]. *Pol Arch Med Wewn*. juill 2000;104(1):401-12.
220. Jones PW. St. George's Respiratory Questionnaire: MCID. *COPD*. mars 2005;2(1):75-9.
221. Belloumi N, Jrad S, Bachouche I, Mrassi H, Chermiti Ben Abdallah F, Fenniche S. Corrélation entre la gravité des symptômes de la BPCO et la qualité de vie estimée au score SF36 (version dialectale tunisienne). *Rev Mal Respir Actual*. 1 janv 2020;12(1):102.
222. Mahler DA, Mackowiak JI. Evaluation of the short-form 36-item questionnaire to measure health-related quality of life in patients with COPD. *Chest*. juin 1995;107(6):1585-9.
223. El Osta N, Kanso F, Saad R, Khabbaz LR, Fakhouri J, El Osta L. Validation du SF-36, questionnaire générique de la qualité de vie liée à la santé chez les personnes âgées au Liban. *East Mediterr Health J*. 1 oct 2019;25(10):706-14.
224. Al Wachami N, Boumendil K, Arraji M, Iderdar Y, Mourajid Y, Ghosne N, et al. Evaluating the Effectiveness of the COPD Assessment Test (CAT) in Screening for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 11 juill 2024;19:1623-33.
225. Cote CG, Pinto-Plata V, Kasprzyk K, Dordelly LJ, Celli BR. The 6-Min Walk Distance, Peak Oxygen Uptake, and Mortality in COPD. *Chest*. 1 déc 2007;132(6):1778-85.
226. Parreira VF, Janaudis-Ferreira T, Evans RA, Mathur S, Goldstein RS, Brooks D. Measurement properties of the incremental shuttle walk test. a systematic review. *Chest*. juin 2014;145(6):1357-69.
227. Eaton T, Young P, Nicol K, Kolbe J. The endurance shuttle walking test: a responsive measure in pulmonary rehabilitation for COPD patients. *Chron Respir Dis*. 1 janv 2006;3(1):3-9.
228. Revill SM, Morgan MD, Singh SJ, Williams J, Hardman AE. The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. mars 1999;54(3):213-22.
229. Vaidya T, Chambellan A, de Bisschop C. Sit-to-stand tests for COPD: A literature review. *Respir Med*. 1 juill 2017;128:70-7.

230. Vaidya T, de Bisschop C, Beaumont M, Oukseel H, Jean V, Dessables F, 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.
231. Panella L, Tinelli C, Buizza A, Lombardi R, Gandolfi R. Towards objective evaluation of balance in the elderly: validity and reliability of a measurement instrument applied to the Tinetti test. *Int J Rehabil Res*. mars 2008;31(1):65.
232. Nightingale CJ, Mitchell SN, Butterfield SA. Validation of the Timed Up and Go Test for Assessing Balance Variables in Adults Aged 65 and Older. *J Aging Phys Act*. 1 avr 2019;27(2):230-3.
233. Mesquita R, Wilke S, Smid DE, Janssen DJ, Franssen FM, Probst VS, et al. Measurement properties of the Timed Up & Go test in patients with COPD. *Chron Respir Dis*. nov 2016;13(4):344-52.
234. wms-GOLD-2017-FINAL.pdf [Internet]. [cité 21 déc 2024]. Disponible sur: <https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2017/02/wms-GOLD-2017-FINAL.pdf>
235. Agustí A, Celli BR, Criner GJ, Halpin D, Anzueto A, Barnes P, et al. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease 2023 Report: GOLD Executive Summary. *Eur Respir J*. avr 2023;61(4):2300239.
236. Cheng W, Zhou A, Zeng Y, Lin L, Song Q, Liu C, et al. Prediction of Hospitalization and Mortality in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease with the New Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease 2023 Group Classification: A Prospective Cohort and a Retrospective Analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2023;18:2341-52.
237. Celli BR, Cote CG, Marin JM, Casanova C, Montes de Oca M, Mendez RA, et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med*. 4 mars 2004;350(10):1005-12.
238. Mathur S, Dechman G, Bui KL, Camp PG, Saey D. Evaluation of Limb Muscle Strength and Function in People... : *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. [cité 16 mars 2025]; Disponible sur: https://journals.lww.com/cptj/abstract/2019/01000/evaluation_of_limb_muscle_strength_and_function_in.4.aspx
239. Bohannon RW. Measuring knee extensor muscle strength. *Am J Phys Med Rehabil*. janv 2001;80(1):13-8.
240. Robles PG, Mathur S, Janaudis-Fereira T, Dolmage TE, Goldstein RS, Brooks D. Measurement of Peripheral Muscle Strength in Individuals With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. févr 2011;31(1):11.

241. 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.* 1 janv 2007;88(1):32-6.
242. Ozemek C, Bonikowske A, Christle J, Gallo P. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams & Wilkins; 2025. 788 p.
243. Xiong W, Xu M, Zhao Y, Wu X, Pudasaini B, Liu JM. Can we predict the prognosis of COPD with a routine blood test? *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2017;12:615-25.
244. Mendy A, Forno E, Niyosenga T, Gasana J. Blood Biomarkers as Predictors of Long-Term Mortality in COPD. *Clin Respir J.* mai 2018;12(5):1891-9.
245. Katariya D, Tomar MS, Charel K, Pandey S. A comparative study on arterial blood gas analysis among COPD patients and non-COPD patients. *Int J Health Sci.* 28 juill 2022;6(S5):10365-75.
246. Corhay JL, Dang Nguyen D, Bury T, Pirnay F, Louis R. Réhabilitation respiratoire dans la bronchopneumopathie chronique obstructive. *EMC - Pneumol.* janv 2011;8(3):1-10.
247. Aldhahir AM, Alghamdi SM, Alqahtani JS, Alqahtani KA, Al Rajah AM, Alkhathlan BS, et al. Pulmonary rehabilitation for COPD: A narrative review and call for further implementation in Saudi Arabia. *Ann Thorac Med.* déc 2021;16(4):299.
248. Parshall MB, Schwartzstein RM, Adams L, Banzett RB, Manning HL, Bourbeau J, et al. An Official American Thoracic Society Statement: Update on the Mechanisms, Assessment, and Management of Dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 févr 2012;185(4):435-52.
249. Higashimoto Y, Ando M, Sano A, Saeki S, Nishikawa Y, Fukuda K, et al. Effect of pulmonary rehabilitation programs including lower limb endurance training on dyspnea in stable COPD: A systematic review and meta-analysis. *Respir Investig.* sept 2020;58(5):355-66.
250. Yohannes AM, Casaburi R, Dryden S, Hanania NA. The effectiveness of pulmonary rehabilitation on chronic obstructive pulmonary disease patients with concurrent presence of comorbid depression and anxiety. *Respir Med.* juin 2022;197:106850.
251. Almdabgy EM, Qader A, Binjahlan AA, Alshalawi AM, Albeladi A, Alharbi WS, et al. The Impact of Pulmonary Rehabilitation on Mental Health and Quality of Life in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): A Narrative Review. *Cureus [Internet].* 22 nov 2023 [cité 8 juill 2025]; Disponible sur: <https://www.cureus.com/articles/201293-the-impact-of-pulmonary-rehabilitation-on-mental-health-and-quality-of-life-in-patients-with-chronic-obstructive-pulmonary-disease-copd-a-narrative-review>
252. Güell R, Resqueti V, Sangenis M, Morante F, Martorell B, Casan P, et al. Impact of Pulmonary Rehabilitation on Psychosocial Morbidity in Patients With Severe COPD. *Chest.* avr 2006;129(4):899-904.

253. Gordon CS, Waller JW, Cook RM, Cavallera SL, Lim WT, Osadnik CR. Effect of Pulmonary Rehabilitation on Symptoms of Anxiety and Depression in COPD. *Chest*. juill 2019;156(1):80-91.
254. Zhang H, Hu D, Xu Y, Wu L, Lou L. Effect of pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Med*. 31 déc 2022;54(1):262-73.
255. Ma H, Dai M, Wu S, Zhao Z, Zhang Y, Zhao F, et al. Pulmonary rehabilitation ameliorates regional lung function in chronic obstructive pulmonary disease: a prospective single-arm clinical trial. *Ann Transl Med*. août 2022;10(16):891-891.
256. Alfaro V, Torras R, Prats MT, Palacios L, Ibáñez J. IMPROVEMENT IN EXERCISE TOLERANCE AND SPIROMETRIC VALUES IN STABLE CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE PATIENTS AFTER AN INDIVIDUALIZED OUTPATIENT REHABILITATION PROGRAMME.
257. Klimczak MK, Krzepkowski HA, Piotrowski WJ, Białas AJ. The Short-Term Efficacy of a Three-Week Pulmonary Rehabilitation Program among Patients with Obstructive Lung Diseases. *J Clin Med*. 27 avr 2024;13(9):2576.
258. Ma Y, Chen Y, Zhang N, Xu G, Wang Y, Sun Y, et al. Efficacy and safety of pulmonary rehabilitation training on lung function, quality of life, and T cell immune function in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Ann Palliat Med*. mai 2022;11(5):1774-85.
259. Thapamagar SB, Ellstrom K, Anholm JD, Fargo RA, Dandamudi N. Impact of pulmonary rehabilitation in sleep in COPD patients measured by actigraphy. *Provini F, éditeur. PLOS ONE*. 16 mars 2021;16(3):e0248466.
260. Silva L, Maricoto T, Costa P, Berger-Estilita J, Padilha JM. A meta-analysis on the structure of pulmonary rehabilitation maintenance programmes on COPD patients' functional capacity. *Npj Prim Care Respir Med*. 3 oct 2022;32(1):38.
261. Sanchez-Ramirez DC. Impact of Pulmonary Rehabilitation Services in Patients with Different Lung Diseases. *J Clin Med*. 14 janv 2022;11(2):407.
262. Osadnik CR, Loeckx M, Louvaris Z, Demeyer H, Langer D, Rodrigues FM, et al. The likelihood of improving physical activity after pulmonary rehabilitation is increased in patients with COPD who have better exercise tolerance. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. oct 2018;Volume 13:3515-27.
263. Kaur A, Bourbeau J, Brighton L, Celli B, Crouch R, Demeyer H, et al. Increasing exercise capacity and physical activity in the COPD patient. *Breathe*. juin 2024;20(2):230347.
264. Cheng SWM, McKeough ZJ, McNamara RJ, Alison JA. Pulmonary Rehabilitation Using Minimal Equipment for People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther*. 4 mai 2023;103(5):pzad013.

265. Khosravi M, Naimi SS, Shokouhyan SM, Nemati A, Abedi M. Exploring the Promising Impact of Pulmonary Rehabilitation on Gait and Balance in Patients With COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* janv 2025;45(1):20-8.
266. Pancera S, Bianchi LNC, Porta R, Villafañe JH, Buraschi R, Lopomo NF. Muscle function and functional performance after pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a prospective observational study. *Sci Rep.* 30 sept 2022;12(1):16386.
267. Li P, Li J, Wang Y, Xia J, Liu X. Effects of Exercise Intervention on Peripheral Skeletal Muscle in Stable Patients With COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med.* 18 nov 2021;8:766841.
268. Frykholm E, Klijn P, Vestman J, Saey D, Van Hees HWH, Stål P, et al. Non-linear periodized resistance training in COPD: an international multicentre RCT. In: *Physiotherapists [Internet]. European Respiratory Society; 2024 [cité 8 mai 2025]. p. OA938. Disponible sur: <https://publications.ersnet.org/lookup/doi/10.1183/13993003.congress-2024.OA938>*
269. Rochester CL, Alison JA, Carlin B, Jenkins AR, Cox NS, Bauldoff G, et al. Pulmonary Rehabilitation for Adults with Chronic Respiratory Disease: An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 août 2023;208(4):e7-26.
270. Kaasgaard M, Bodtger U, Skou ST, Clift S, Hilberg O, Rasmussen DB, et al. Long-term self-reported attendance in exercise training or lung choir and status of quality of life following initial pulmonary rehabilitation for COPD. *Front Rehabil Sci.* 19 sept 2024;5:1447765.
271. Holland AE, Cox NS. Give a Little or Give a Lot? *Chest.* mars 2021;159(3):893-4.
272. Houchen-Wolloff L, Williams J, Green R, Woltmann G, Steiner M, Sewell L, et al. Survival following pulmonary rehabilitation in patients with COPD: the effect of program completion and change in incremental shuttle walking test distance. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* déc 2017;Volume 13:37-44.
273. Sharifi V, Brazzale DJ, McDonald CF, Hill CJ, Michael C, Ruehland WR, et al. Effect of pulmonary rehabilitation on all-cause mortality in patients with chronic respiratory disease: a retrospective cohort study in an Australian teaching hospital. *BMC Pulm Med.* 10 oct 2024;24(1):501.
274. Lee AL, Burge AT. Adding Up the Value of Pulmonary Rehabilitation in COPD. *CHEST.* févr 2024;165(2):231-2.
275. Zamzam MA, Azab NY, El Wahsh RA, Ragab AZ, Allam EM. Quality of life in COPD patients. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* oct 2012;61(4):281-9.
276. Kon SSC, Canavan JL, Jones SE, Nolan CM, Clark AL, Dickson MJ, et al. Minimum clinically important difference for the COPD Assessment Test: a prospective analysis. *Lancet Respir Med.* mars 2014;2(3):195-203.

277. Vitacca M, Paneroni M, Spanevello A, Ceriana P, Balbi B, Salvi B, et al. Effectiveness of pulmonary rehabilitation in individuals with Chronic Obstructive Pulmonary Disease according to inhaled therapy: The Maugeri study. *Respir Med.* oct 2022;202:106967.
278. Sahasrabudhe SD, Orme MW, Jones AV, Tillu G, Salvi SS, Singh SJ. Potential for integrating yoga within pulmonary rehabilitation and recommendations of reporting framework. *BMJ Open Respir Res.* nov 2021;8(1):e000966.
279. Wang F, Yang W, Wang C, Wang K, Yu Z, Ke D, et al. Yoga and chronic diseases: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Med Rev.* 13 juin 2025;5(3):244-55.
280. McNaughton A, Weatherall M, Williams M, McNaughton H, Aldington S, Williams G, et al. Sing Your Lungs Out—a community singing group for chronic obstructive pulmonary disease: a 1-year pilot study. *BMJ Open.* janv 2017;7(1):e014151.
281. Kaasgaard M, Rasmussen DB, Løkke A, Vuust P, Hilberg O, Bodtger U. Physiological changes related to 10 weeks of singing for lung health in patients with COPD. *BMJ Open Respir Res.* mai 2022;9(1):e001206.
282. Huang J, Yuan X, Zhang N, Qiu H, Chen X. Music Therapy in Adults With COPD. *Respir Care.* mars 2021;66(3):501-9.
283. Fang X, Qiao Z, Yu X, Tian R, Liu K, Han W. Effect of Singing on Symptoms in Stable COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* nov 2022;Volume 17:2893-904.
284. De Miguel-Díez J, Fernández-Villar A, Doña Díaz E, Padilla Bernáldez M, Trillo-Calvo E, Molina París J, et al. Chronic Obstructive Lung Disease: Treatment Guidelines and Recommendations for Referral and Multidisciplinary Continuity of Care. *J Clin Med.* janv 2024;13(2):303.
285. EU PAL-COPD [Internet]. LUNGS EUROPE. [cité 3 mai 2025]. Disponible sur: <https://europeanlung.org/lungseurope/projects-and-campaigns/eu-pal-copd/>
286. EU PAL-COPD [Internet]. [cité 3 mai 2025]. Disponible sur: <https://eupal-copd.eu/>
287. Holland AE, Cox NS, Houchen-Wolloff L, Rochester CL, Garvey C, ZuWallack R, et al. Defining Modern Pulmonary Rehabilitation. An Official American Thoracic Society Workshop Report. *Ann Am Thorac Soc.* mai 2021;18(5):e12-29.
288. Moecke DP, Zhu K, Gill J, Brar S, Petlitsyna P, Kirkham A, et al. Safety and Efficacy of Inpatient Pulmonary Rehabilitation for Patients Hospitalized with an Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review and Meta-analyses. *Ann Am Thorac Soc.* févr 2023;20(2):307-19.
289. Musulmane LL. Le jugement de prier assis en islam [Internet]. 2023 [cité 9 mai 2025]. Disponible sur: <https://www.la-librairie-musulmane.com/prier-assis-en-islam/>

290. A-review-of-the-literature-on-the-health-benefits-of-Salat-Islamic-prayer.pdf [Internet]. [cité 27 sept 2024]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Hassan-Chamsi-Pasha/publication/348907933_A_review_of_the_literature_on_the_health_benefits_of_Salat_Islamic_prayer/links/62e361483c0ea87887645c5a/A-review-of-the-literature-on-the-health-benefits-of-Salat-Islamic-prayer.pdf
291. Kamran G. Physical Benefits of Prayers Strengthen your Faith and Fitness.
292. Sarkingobir Y, Sharu AU, Sahabi M, Ashafa NA. Religious and Health Benefits of Salah/Prayer: A Review. *Int J Emerg Issues Islam Stud*. 19 déc 2022;2(2):59-71.
293. Muslim_Prayer_A_New_Form_of_Physical_Act.
294. Rabbi MF, Ghazali KH, Mohd II, Alqahtani M, Altwijri O, Ahamed NU. Investigation of the EMG activity of erector spinae and trapezius muscles during Islamic prayer (Salat). *J Back Musculoskelet Rehabil*. 28 nov 2018;31(6):1097-104.
295. Yilmaz S, Kart-Köseoglu H, Guler O, Yucel E. Effect of prayer on osteoarthritis and osteoporosis. *Rheumatol Int*. mars 2008;28(5):429-36.
296. Chokkhanchitchai S, Tangarunsanti T, Jaovisidha S, Nantiruj K, Janwityanujit S. The effect of religious practice on the prevalence of knee osteoarthritis.
297. Ghous DrM, Nawaz Malik DrA. HEALTH BENEFITS OF SALAT (PRAYER); Neurological rehabilitation. *Prof Med J*. 1 août 2016;23(08):887-8.
298. Doufesh H, Ibrahim F, Ismail NA, Ahmad WAW. Assessment of Heart Rates and Blood Pressure in Different *Salat* Positions. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(2):211-4.
299. Doufesh H, Faisal T, Lim KS, Ibrahim F. EEG Spectral Analysis on Muslim Prayers. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. mars 2012;37(1):11-8.
300. Achour M, Muhamad A, Syihab AH, Mohd Nor MR, Mohd Yusoff MYZ. Prayer Moderating Job Stress Among Muslim Nursing Staff at the University of Malaya Medical Centre (UMMC). *J Relig Health*. févr 2021;60(1):202-20.
301. item_180_ex_item_109__maladies_professionnelles.pdf [Internet]. [cité 14 mai 2025]. Disponible sur: https://cep.splf.fr/wp-content/uploads/2015/01/item_180_ex_item_109__maladies_professionnelles.pdf
302. Betancourt-Peña J, Ávila-Valencia JC, Rodríguez-Castro J. Adherence to Pulmonary Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). *J Respir*. sept 2023;3(3):130-40.
303. Mathar H, Fastholm P, Hansen IR, Larsen NS. Why Do Patients with COPD Decline Rehabilitation. *Scand J Caring Sci*. sept 2016;30(3):432-41.

304. Xia J, Yang J, Yang X, Zhang S, Guo H. Barriers and Facilitators to Exercise Compliance for Community Elders with COPD: A Cross-Sectional S. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*.
305. Sami R, Salehi K, Hashemi M, Atashi V. Exploring the barriers to pulmonary rehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a qualitative study. *BMC Health Serv Res*. déc 2021;21(1):828.
306. Oates GR, Hamby ,Bryant W., Stepanikova ,Irena, Knight ,Sara J., Bhatt ,Surya P., Hitchcock ,Jason, et al. Social Determinants of Adherence to Pulmonary Rehabilitation for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. 2 nov 2017;14(6):610-7.
307. Li Y, Qian H, Yu K, Huang Y. Nonadherence in Home-Based Pulmonary Rehabilitation Program for COPD Patients. *Can Respir J*. 7 janv 2020;2020:1-7.
308. Tunsupon P, Mador MJ. The Influence of Body Composition on Pulmonary Rehabilitation Outcomes in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients. *Lung*. déc 2017;195(6):729-38.
309. Hafner T, Pirc Marolt T, Šelb J, Grošelj A, Kosten T, Simonič A, et al. Predictors of Success of Inpatient Pulmonary Rehabilitation Program in COPD Patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 31 déc 2023;18:2483-95.
310. Souto-Miranda S, Mendes MA, Cravo J, Andrade L, Spruit MA, Marques A. Functional Status Following Pulmonary Rehabilitation: Responders and Non-Responders. *J Clin Med*. janv 2022;11(3):518.
311. Costi S, Crisafulli E, Trianni L, Beghè B, Faverzani S, Scopelliti G, et al. <p>Baseline Exercise Tolerance and Perceived Dyspnea to Identify the Ideal Candidate to Pulmonary Rehabilitation: A Risk Chart in COPD Patients</p>. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. déc 2019;Volume 14:3017-23.
312. Kwok HHY, Adamson A, Kallis C, Singh SJ, Wilkinson T, Quint JK. Effects of Comorbidity on Programme Completion in Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Patients Undergoing Pulmonary Rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. mai 2025;211(Abstracts):A1042-A1042.
313. Ricke E, Dijkstra A, Bakker EW. Prognostic factors of adherence to home-based exercise therapy in patients with chronic diseases: A systematic review and meta-analysis. *Front Sports Act Living*. 24 mars 2023;5:1035023.
314. Sami R, Salehi K, Hashemi M, Haghighat S, Atashi V. Barriers to adherence to home-based pulmonary rehabilitation among patients with chronic obstructive pulmonary disease in Iran: a descriptive qualitative study. *BMJ Open*. oct 2023;13(10):e073972.
315. Nikolovski A, Gamgoum L, Deol A, Quilichini S, Kazemir E, Rhodenizer J, et al. Psychometric Properties of the Hospital Anxiety and Depression Scale in Individuals With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Protocol for a Systematic Review. *JMIR Res Protoc*. 22 sept 2022;11(9):e37854.

316. Lu HY, Chen CF, Lee DL, Tsai YJ, Lin PC. Effects of Early Pulmonary Rehabilitation on Hospitalized Patients with Acute Exacerbation of Chroni. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*.
317. Zhang D, Zhang H, Li X, Lei S, Wang L, Guo W, et al. Pulmonary Rehabilitation Programmes Within Three Days of Hospitalization for Acute Exacerbation of C. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*.
318. Du Y, Lin J, Wang X, Zhang Y, Ge H, Wang Y, et al. Early Pulmonary Rehabilitation in Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. 31 déc 2022;19(1):69-80.
319. Li LSK, Butler SJ, Ellerton L, Goldstein RS, Brooks D. Pain among Individuals with Chronic Respiratory Diseases Attending Pulmonary Rehabilitation. *Physiother Can*. 1 nov 2021;73(4):304-12.
320. Briggs-Price S, Daynes E, Chaplin E, Ward S, Houchen-Wolloff L, Singh SJ. Exploring the prevalence and impact of hip and knee pain in pulmonary rehabilitation: a propensity-matched cohort study. *Respir Res*. déc 2022;23(1):146.
321. Xia X, Xia ,Kun, Yao ,Xiaoyan, Song ,Jianjun, Liu ,Yanyi, Liu ,Xiaohong, et al. Factors Influencing Compliance with Pulmonary Rehabilitation in Patients with Stable COPD: a Cross Sectional Study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 31 déc 2025;20:895-904.
322. Réhabilitation du patient atteint de BPCO.
323. Bamonti PM, Boyle JT, Goodwin CL, Wan ES, Silberbogen AK, Finer EB, et al. Predictors of Outpatient Pulmonary Rehabilitation Uptake, Adherence, Completion, and Treatment Response Among Male U.S. Veterans With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Arch Phys Med Rehabil*. juin 2022;103(6):1113-1121.e1.
324. Vinan-Vega M, Mantilla B, Yang S, Nugent K. The effect of pulmonary rehabilitation on physical performance and health related quality of life in patients with chronic lung disease. *Respir Med*. sept 2021;186:106533.
325. Daabis R, Hassan M, Zidan M. Endurance and strength training in pulmonary rehabilitation for COPD patients. *Egypt J Chest Dis Tuberc*. 1 avr 2017;66(2):231-6.
326. Özer Z, Bahçecioglu Turan G, Aksoy M. The effects of yoga on dyspnea, sleep and fatigue in chronic respiratory diseases. *Complement Ther Clin Pract*. mai 2021;43:101306.
327. Zhu S, Shi K, Yan J, He Z, Wang Y, Yi Q, et al. A modified 6-form Tai Chi for patients with COPD. *Complement Ther Med*. août 2018;39:36-42.
328. Gupta A, Gupta R, Sood S, Arkham M. Pranayam for Treatment of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Results From a Randomized, Controlled Trial. *Integr Med Clin J*. févr 2014;13(1):26-31.

329. Dodd JW, Marns ,Phillippa L., Clark ,Amy L., Ingram ,Karen A., Fowler ,Ria P., Canavan ,Jane L., et al. The COPD Assessment Test (CAT): Short- and Medium-term Response to Pulmonary Rehabilitation. COPD J Chronic Obstr Pulm Dis. 26 juill 2012;9(4):390-4.
330. Houben-Wilke S, Janssen DJA, Franssen FME, Vanfleteren LEGW, Wouters EFM, Spruit MA. Contribution of individual COPD assessment test (CAT) items to CAT total score and effects of pulmonary rehabilitation on CAT scores. Health Qual Life Outcomes. 30 oct 2018;16(1):205.
331. Puhan MA, Siebeling L, Zoller M, Muggensturm P, Riet G ter. Simple functional performance tests and mortality in COPD. Eur Respir J. 30 sept 2013;42(4):956-63.

XI. RESUME

La réhabilitation pulmonaire (RP) constitue une approche thérapeutique essentielle dans la prise en charge de la BPCO. Cependant, sa mise en œuvre reste limitée dans de nombreux pays en raison de contraintes matérielles, du manque de personnel qualifié et d'une faible sensibilisation des patients. Pour répondre à ces défis, cette étude a évalué un protocole de RP simplifié, basé sur des exercices fonctionnels faciles à reproduire notamment des levers du sol, conçu pour être adapté au contexte socio-culturel algérien.

Menée au service de pneumologie de l'hôpital Ali Ben Deghine, Laghouat, cette étude interventionnelle prospective a suivi 15 patients atteints de BPCO avec dysfonction musculaire pendant 63 jours, avec évaluations en présentiel et à distance. Les paramètres évalués comprenaient l'adhésion au programme, les scores de dyspnée (mMRC, CAT), la mobilité fonctionnelle (TUG), l'endurance à la marche (6MWT), ainsi que la force et l'endurance musculaire.

Le taux d'adhésion au programme a atteint 46,67 %. Chez les patients adhérents, des améliorations significatives ont été observées à j63 : une nette réduction de la dyspnée (mMRC, $p = 0,011$; CAT, $p = 0,009$), un meilleur sommeil, une diminution de l'essoufflement et un gain d'activité physique. Le TUG et le test STS ont montré des améliorations cliniquement pertinentes, selon les seuils de la MCID, témoignant d'un gain fonctionnel notable. Les adhérents ont également mieux maintenu leurs capacités au TM6. Sur le plan musculaire, des disparités ont persisté ou émergé entre les deux groupes. Les adhérents conservaient une supériorité en force isométrique en flexion de jambe ($p=0,043$) et en endurance d'extension de jambe ($p=0,028$).

Ces résultats soutiennent la faisabilité et la pertinence clinique du protocole SLS, à la fois simplifié et culturellement adapté, avec un potentiel d'intégration dans les pratiques de soin. Des études complémentaires restent toutefois nécessaires pour en évaluer la durabilité et affiner ses modalités.

XII. ABSRTACT

Pulmonary rehabilitation (PR) programs face significant challenges related to limited healthcare access and poor adherence, particularly in resource-constrained settings such as Algeria. This study aimed to evaluate the feasibility and efficacy of a simplified PR protocol, incorporating functional exercises based on repeated Set of floor lifts (SLS), tailored to the cultural and physical capabilities of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD).

A prospective interventional study targeting 15 COPD patients with muscle dysfunction was conducted over 63 days in the pneumology department of Ali Ben Deghine Hospital, Laghouat. Patients were enrolled and followed through structured assessments at baseline and post-intervention. Adherence rates and clinical outcomes, including dyspnea scores (mMRC, CAT), functional mobility (Timed Up and Go test), six-minute walk test (6MWT), and isometric muscle strength and endurance, were evaluated.

The adherence rate to the protocol was 46.67%. Among adherent patients, there was a statistically significant reduction in dyspnea severity (median mMRC = 2.00 [1.00–2.50], $p = 0.011$) and CAT scores (median final score 9.00 vs. 18.50 in non-adherents, $p = 0.009$), accompanied by improved sleep quality and daily activity levels. Improvements in TUG and STS suggest a positive functional response within clinically relevant margins MCID. Although both groups exhibited a decline in 6MWT distance, adherent patients better preserved their walking capacity ($p = 0.728$). Muscle strength assessments revealed superior isometric knee flexion strength ($p = 0.043$) and knee extension endurance ($p = 0.028$) in adherents.

This simplified PR protocol demonstrates feasibility and clinical benefits in a low-resource setting, highlighting the importance of culturally and contextually adapted rehabilitation strategies for COPD management. Further studies are necessary to optimize protocol parameters and assess long-term outcomes.

XIII. ملخص

إعادة التأهيل الرئوي يُعد نهجًا علاجيًا أساسيًا في تدبير مرض الانسداد الرئوي المزمن ومع ذلك، فإن تطبيقه يظل محدودًا في العديد من البلدان بسبب القيود المادية، ونقص الكوادر المؤهلة، وضعف التوعية لدى المرضى. لمواجهة هذه التحديات، قامت هذه الدراسة التدخلية بتقييم بروتوكول مبسط لإعادة التأهيل الرئوي، يعتمد على تمارين وظيفية سهلة التنفيذ، بما في ذلك سلسلة من تمارين النهوض من الأرض، مصمم ليتلاءم مع السياق الاجتماعي والثقافي الجزائري .

تم تنفيذ هذا البروتوكول في قسم أمراض الصدر بمستشفى علي بن دغين بالأغواط، و تم متابعة المرضى في المنزل لمدة 63 يومًا، مع إجراء تقييمات عن بُعد وفي الموقع. حيث بلغ معدل الالتزام بالبرنامج 46.67%. في صفوف المرضى الملتزمين، لوحظت تحسينات كبيرة في اليوم 63، شملت: انخفاضًا واضحًا في ضيق التنفس مقياس mMRC ($p = 0.011$)؛ وفي مقياس CAT ($p = 0.009$)، لوحظ أيضًا تحسن في جودة النوم، قلة الشعور بضيق التنفس، وزيادة في النشاط البدني. كما أظهرت نتائج اختباري TUG و STS تحسنًا وظيفيًا ذا دلالة سريرية يتماشى مع حدود الفرق الأدنى المهم سريريًا (MCID). وعلى الرغم من انخفاض المسافة المقطوعة في اختبار المشي لـ 6 دقائق (TM6) بشكل طفيف في كلا المجموعتين، إلا أن الملتزمين حافظوا على قدراتهم بشكل أفضل. في نهاية التدخل، وعلى المستوى العضلي ظهرت اختلافات بين المجموعتين، حيث حافظ الملتزمون على تفوق في القوة القصوى التقابلية لعضلة ثني الساق ($p=0.043$) وفي تحمل التمدد التقابلي لعضلة باسطة الساق ($p=0.028$).

هذه النتائج تدعم جدوى البروتوكول المبسط والمكيف ثقافيًا لإعادة التأهيل الرئوي، وتبرز أهميته السريرية وفعاليته في بيئات محدودة الموارد. كما تؤكد ضرورة تكيف برامج التأهيل بما يتلاءم مع الخصائص الثقافية والسياقية في علاج داء الانسداد الرئوي المزمن. ولا تزال هناك حاجة إلى دراسات إضافية لتحسين مكونات البروتوكول وتقييم تأثيراته على المدى البعيد.