



HAL
open science

Caractérisations de l'évaluation préalable et de la prise en charge en activité physique adaptée des patients porteurs d'une maladie chronique

Edem Allado

► **To cite this version:**

Edem Allado. Caractérisations de l'évaluation préalable et de la prise en charge en activité physique adaptée des patients porteurs d'une maladie chronique. Médecine humaine et pathologie. Université de Lorraine, 2022. Français. NNT : 2022LORR0083 . tel-03812122

HAL Id: tel-03812122

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-03812122v1>

Submitted on 12 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

BioSE



ÉCOLE DOCTORALE BioSE
BIOLOGIE, SANTÉ et son ENVIRONNEMENT
ED 266

École Doctorale BioSE (Biologie-Santé-Environnement)

Thèse

Présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LORRAINE

Mention : « Sciences de la Vie et de la Santé »

par **Edem ALLADO**

Soutenance le 07 juillet 2022

Caractérisations de l'évaluation préalable et de la prise en charge en activité physique adaptée des patients porteurs d'une maladie chronique

Membres du jury :

Rapporteurs :	Mme. Martine DUCLOS	Professeur Universitaire Praticien Hospitalier, INRA UMR Université d'Auvergne I,
	M. Frédéric ROCHE	Professeur Universitaire Praticien Hospitalier, Université Jean-Monnet Saint Etienne,
Examineurs :	Mme. Eliane ALBUISSON	Professeur Universitaire Praticien Hospitalier, IECL CNRS UMR 7502, Université de Lorraine (Présidente du jury)
	Mme. Evelyne LONSDORFER	Maitre de conférences Universitaire Praticien Hospitalier, EA 3072, Université de Strasbourg,
Co-directeurs :	M. Bruno CHENUÉL	Professeur Universitaire Praticien Hospitalier EA 3450 Université de Lorraine,
	M. G�r�me GAUCHARD	Professeur Universitaire, EA 3450 DevAH, Université de Lorraine,
Invité :	M. Mathias POUSSSEL	Professeur Universitaire Praticien Hospitalier EA 3450 DevAH, Université de Lorraine,

**EA 3450 DevAH, Développement, Adaptation et Handicap. Bâtiment C – 1 er étage. 9
Avenue de la Forêt de Haye. 54505 VANDOEUVRE-LES-NANCY.**

A mes directeurs de thèse,

Monsieur le Professeur Bruno CHENUÉL

Merci pour tout ce que vous nous avez apporté durant toutes ces années, d'une extrême richesse professionnelle et humaine. Nous vous remercions de nous avoir guidé dans notre apprentissage de la physiologie médicale. Vous nous avez appris l'excellence et l'importance d'un équilibre humain dans la quête de cette dernière.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Monsieur le Professeur G r me GAUCHARD,

Merci pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail, pour votre enthousiasme à rapprocher les sciences du sport aux sciences médicales.

Veillez trouver ici l'assurance de notre profond respect et le témoignage de toute notre gratitude.

A mes rapporteurs,

Madame le Professeur Martine DUCLOS,

Vous nous faites l'honneur de présider ce jury de thèse et de juger notre travail. Merci infiniment d'avoir pris de votre temps précieux pour apporter votre immense expérience et votre jugement d'experte reconnue à ce travail. Veillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre reconnaissance.

Monsieur le Professeur Frédéric ROCHE,

Vous nous faites l'honneur de participer à ce jury de thèse, de rapporter et de juger ce travail. Vous nous faites un immense honneur en acceptant de porter votre expertise en médecine du sport et physiologie de l'exercice sur ce travail de thèse. Veillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre reconnaissance.

A mon jury,

Madame le Professeur Eliane ALBUISSON,

Vous nous faites un immense honneur en acceptant de porter sur ce travail, votre regard d'experte dans le domaine de biostatistiques et informatique médicale. Vous suivez notre parcours depuis nos premiers pas d'interne, c'est un honneur de vous compter parmi les membres du jury, et par là-même, veuillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre reconnaissance.

Madame le Professeur Evelyne LONSDORFER,

Vous nous faites un honneur en acceptant de porter sur ce travail, votre expertise avisée dans le domaine de la médecine du sport et de l'activité physique adaptée. Veillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Monsieur le Professeur Mathias POUSSEL,

Vous nous faites un immense honneur en acceptant de juger et de porter sur ce travail votre regard d'expert sur l'activité physique adaptée. Merci d'avoir guidé notre découverte de l'activité physique adaptée. Merci de votre disponibilité et de vos conseils.

Veillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

À mes collaborateurs et mes aînés,

- Madame **Oriane HILY**, docteur en médecine du sport et praticien hospitalier pour ta disponibilité, ton sourire et la joie de vivre que tu nous transmets.
- Madame **Margaux TEMPERELLI**, docteur en médecine physique et de la réadaptation, vous m'avez transmis l'importance du relationnel médecin/patient.
- Messieurs **Jean-Olivier CHATEAU**, **Emilien FRONZAROLI**, **Jean GENEST**, **Olivier JAVELLE**, **Ghias KNEIZEH** et **Pierre RENAUD** pour votre compagnonnage et vos conseils au quotidien.

À toute **l'équipe du service d'EFR et du CUMSAPA du CHRU de Nancy** : techniciennes de laboratoire, masseurs-kinésithérapeutes, enseignants d'activité physique adaptée, secrétaires. Je vous remercie de votre accueil et je suis heureux de rejoindre votre équipe.

À ma famille,

- À **ma mère**, pour m'avoir guidé vers les chemins de la créativité au travers de l'esthétisme algébrique.
- À **mon père**, pour m'avoir ouvert le champ des possibles en me confiant que « l'Homme peut tout faire »
- À **mon grand frère Eya** pour nous avoir ouvert la voie.
- À **mon petit frère Stéphane**, continue à explorer le monde, tu es notre fierté.
- À **Catarina**, pour ta patience, ton écoute et ton soutien qui m'aide à être l'homme que je suis aujourd'hui.

Table des matières

Abréviations françaises/anglaises	7
Concepts et définitions	9
Préambule	13
Première section : avant-propos	15
I - L'activité physique.....	15
A – Volume, intensité et temps de pratique de l'activité physique.....	16
B - La sédentarité	18
C - Les risques et limitations.....	18
II - Impact de l'activité physique sur les affections de longue durée (ALD)	19
III - Recommandations pour une consultation médicale d'activité physique et la réalisation d'examens complémentaires.....	24
A - Les indications à la consultation médicale d'activité physique	24
B - Le déroulement de la consultation médicale d'activité physique.....	26
C - Les recommandations pour un électrocardiogramme au repos avant une prescription d'activité physique	28
D – Conditions de réalisation d'une épreuve d'effort avant une prescription d'activité physique	29
E – Prescription et d'activité physique	29
Problématique	31
Deuxième section : articles	32
Article I : Intensité physiologique à l'effort dans la pratique de l'activité physique adaptée	33
Article II : Place du test de marche sur 6 minutes dans un bilan précédant la prescription d'activité physique adaptée.....	47
Article III : Place du test de lever de chaise d'une minute dans un bilan précédant la prescription d'activités physiques adaptées.....	62

Troisième section : perspectives & conclusion	75
Impact et prise en charge thérapeutique	75
Méthode d'évaluation des capacités physiques du patient :	76
Index tableaux et figures	80
Annexes	81
Annexe 1 - Les bénéfices de l'activité physique pour la santé	81
Annexe 2 - Les domaines d'intervention préférentiels des différents métiers de l'activité physique.....	83
Références	84

Abréviations françaises/anglaises

1MSTS	Test de lever de chaise de 1 minute
ACSM	American College of Sport Medicine
ALD	Affection de Longue Durée
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
APA	Activité physique adaptée
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
Bpm	Battements par minute
CHRU	Centre Hospitalier Régional Universitaire
CNAM	Caisse Nationale d'Assurance Maladie
CNIL	Commission Nationale Informatique et Libertés
CUMSAPA	Centre Universitaire de Médecine du Sports et Activités Physiques Adaptées
ECG	Electrocardiogramme
ET	Ecart type
FC	Fréquence cardiaque
FC max	Fréquence cardiaque maximale
FITT-VP	Fréquence, Intensité, Type de l'activité physique, Temps ou durée, Volume ou quantité d'AP, Progression
HAS	Haute autorité de Santé
HTA	Hypertension Artérielle
IMC	Indice de masse corporelle
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IoT	Internet des Objets

IQR	Ecart interquartile
METs	Équivalent métabolique
OMS/WHO	Organisation mondiale de la santé/ World Health Organization
PRO	Patient-Reported Outcome
QR	Quotient respiratoire
TM6	Test de marche de 6 minutes
V'CO ₂	Production de dioxyde de carbone
V'O ₂	Consommation de dioxygène
V'O ₂ max	Consommation maximale dioxygène

Concepts et définitions

Activité physique (d'après l'ANSES) : l'activité physique comprend tous les mouvements corporels produits par la contraction des muscles squelettiques, entraînant une augmentation de la dépense énergétique au-dessus de la dépense de repos. Elle inclut tous les mouvements de la vie quotidienne, y compris ceux effectués lors des activités de travail, de déplacement, domestiques ou de loisirs.

- **Activité sportive** : sous-ensemble de l'activité physique, spécialisé et organisé, consistant en une activité revêtant la forme d'exercices et/ou de compétitions, facilitées par les organisations sportives.
- **Activité physique adaptée** [1] : pratique dans un contexte d'activité du quotidien, de loisir, de sport ou d'exercices programmés, des mouvements corporels produits par les muscles squelettiques, basée sur les aptitudes et les motivations des personnes ayant des besoins spécifiques qui les empêchent de pratiquer dans des conditions ordinaires.

La dispensation d'une activité physique adaptée (APA) a pour but de permettre à une personne d'adopter un mode de vie physiquement actif sur une base régulière afin de réduire les facteurs de risques et les limitations fonctionnelles liés à l'affection chronique ou transitoire dont elle est atteinte. Les techniques mobilisées relèvent des activités physiques et sportives et se distinguent des actes de rééducation qui sont réservés aux professionnels de santé, dans le respect de leurs compétences respectives.

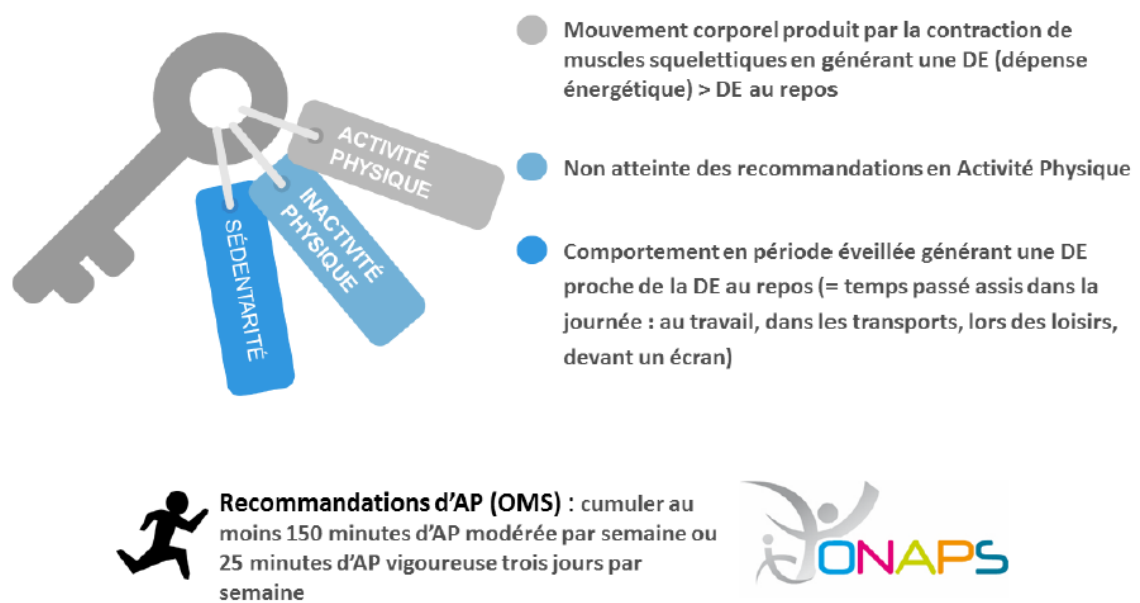


Figure 1- Définitions essentielles d'après l'Observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité

MET ou équivalent métabolique (*metabolic equivalent task* - d'après l'ANSES) est une unité indexant la dépense énergétique lors de la tâche considérée sur la dépense énergétique de repos :

- Activités sédentaires < 1,6 MET ;
- 1,6 MET ≤ activités de faible intensité < 3 MET ;
- 3 MET ≤ activités d'intensité modérée < 6 MET ;
- 6 MET ≤ activités d'intensité élevée < 9 MET ;
- Activités d'intensité très élevée ≥ 9 MET.

(1 MET équivaut à une consommation en oxygène de $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

Pathologie chronique [2]

Les pathologies chroniques sont caractérisées par :

- la présence d'un état pathologique de nature physique, psychologique ou cognitive, appelé à durer ;
- une ancienneté minimale de trois mois, ou supposée telle ;
- un retentissement sur la vie quotidienne comportant au moins l'un des trois éléments suivants :
 - une limitation fonctionnelle des activités ou de la participation sociale,
 - une dépendance vis-à-vis d'un médicament, d'un régime, d'une technologie médicale, d'un appareillage ou d'une assistance personnelle,
 - la nécessité de soins médicaux ou paramédicaux, d'une aide psychologique, d'une adaptation, d'une surveillance ou d'une prévention particulière pouvant s'inscrire dans un parcours de soins médico-social.

Santé (d'après l'OMS) : La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité.

Sédentarité : Il est maintenant largement recommandé de distinguer les activités sédentaires des activités d'intensité légère et de distinguer leurs effets respectifs sur la santé. [3] Une confusion persiste encore entre ces termes d'inactivité physique et de sédentarité :

- **L'inactivité physique** (d'après l'ANSES) caractérise un niveau insuffisant d'activité physique d'intensité modérée à élevée, ne permettant pas d'atteindre le seuil d'activité physique recommandé de 30 minutes d'AP d'intensité modérée, au moins 5 fois par semaine ou de 25 à 30 minutes d'AP intensité élevée au moins 3 jours par semaine pour les adultes. Pour les enfants et les adolescents, le seuil recommandé est de 60 minutes d'AP d'intensité modérée par jour.
- **La sédentarité ou "comportement sédentaire"** (d'après l'ANSES) est définie comme une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à la dépense de repos en position assise ou allongée (1,6 MET) : déplacements en véhicule automobile, position assise sans activité autre, ou à regarder la télévision, la lecture ou l'écriture en position assise, le travail de bureau sur ordinateur, toutes les activités réalisées au repos en position allongée (lire, écrire, converser par téléphone, etc.).

Préambule

En 2013, au niveau mondial, on estime à 67,5 Mds de dollars par an l'impact de la sédentarité réparti en 13,7 Mds de pertes de productivité et 53,8 Mds de dépenses de santé directes dont 57 % à la charge du secteur public [4]. En France, l'impact de la sédentarité est évalué à 17 Mds d'euros par an par le ministère des sports (Bureau du sport professionnel et de l'économie du sport) [5]. L'inactivité physique représente 2 à 3% des dépenses nationales de santé en considérant uniquement les pathologies hors troubles mentaux et les troubles musculosquelettiques [6].

Depuis 2001, l'organisation mondiale de la santé (OMS) n'a répertorié aucune amélioration du niveau de pratique d'activité physique [7]. En 2016, il a même été observé que plus d'un quart de la population adulte n'était pas suffisamment active (1,4 milliard de personnes), dont la majorité sont des femmes (1/3 contre 1/4 chez les hommes). A l'échelle mondiale, de nombreuses maladies chroniques et plus de 2 millions de décès annuels sont imputables à la sédentarité [5,6]. A l'échelle européenne, le constat est similaire avec 10% des décès causés par l'inactivité physique. En outre, d'après l'OMS, les niveaux de sédentarité sont « deux fois plus importants dans les pays à revenus élevés que dans les pays à faibles revenus ».

L'étude *Esteban* réalisée en France par l'Agence nationale de santé publique – Santé publique France entre 2014 et 2016 a mis en évidence chez les adultes de moins de 75 ans vivant en France métropolitaine que :

- (1) plus de 30% des adultes n'atteignent pas les recommandations de l'OMS en matière d'activité physique ;
- (2) environ 90 % de cette population déclaraient 3 heures ou plus de comportements sédentaires par jour, niveau allant pour 41 % d'entre eux à plus de 7 heures ;
- (3) environ 20% des adultes cumulaient un non-respect des recommandations OMS et un niveau important de sédentarité.

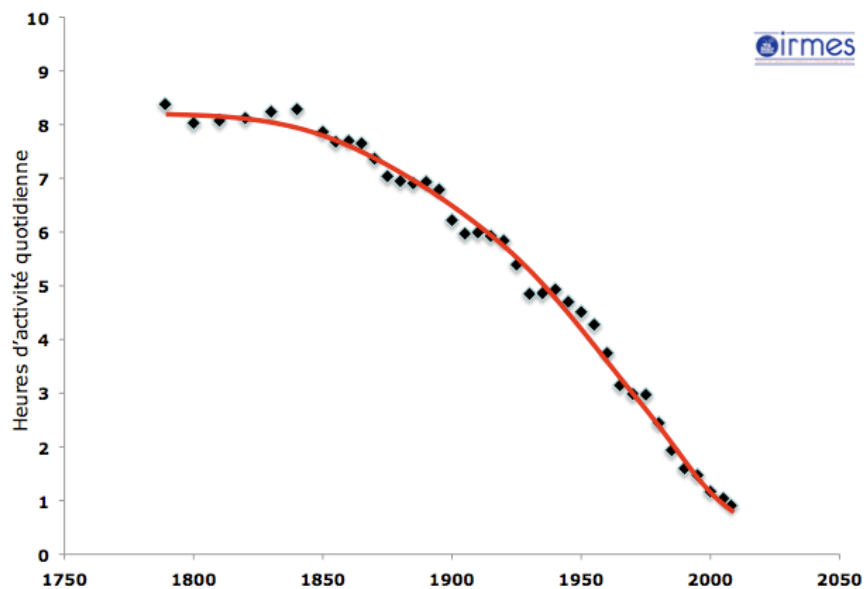


Figure 2- Évolution séculaire de l'activité physique quotidienne des Français d'après IRMES

Par ailleurs, l'inactivité physique et la sédentarité sont des facteurs de risque pour de nombreuses pathologies chroniques et sont en particulier une cause principale identifiée pour le cancer du sein ou du colon (21-25%), le diabète (27%) et les cardiopathies ischémiques (environ 30%) d'après l'OMS [8].

Première section : avant-propos

I - L'activité physique

Le bénéfice de la promotion de l'activité physique à des fins de santé se trouve dans les préventions primaires, secondaires et tertiaires de nombreuses affections chroniques. La pratique régulière d'activité physique est un déterminant majeur du bien-être physique, mental et social de la personne. En effet, par son action sur les capacités fonctionnelles, elle contribue à l'autonomie et à la qualité de vie du pratiquant.

Les données du rapport de 2018 du Secretary of Health - Washington et le guide de promotion, consultation et prescription médicale d'activité physique et sportive pour la santé de la Haute Autorité de Santé (HAS) précisent les bénéfices reconnus de l'activité physique adaptée dans la prise en charge des pathologies chroniques (Annexe 1) [6,9,10].

D'après l'**American College of Sport Medicine** (ACSM) l'activité physique peut être définie selon 6 modalités définies par l'acronyme FITT-VP [10].

- La **Fréquence** rend compte de la répétition des périodes ou sessions d'AP dans un espace-temps (en général, le nombre de sessions ou séances par semaine).
- **L'Intensité** correspond au coût énergétique de l'activité considérée par unité de temps. Elle peut être mesurée en valeur absolue (METs), ou en valeur relative par les réponses physiologiques qu'elle induit chez un individu donné (fréquence cardiaque, effort perçu ou sensations subjectives comme l'essoufflement).

- **Le Type de l'activité physique** se réfère à ses effets physiologiques attendus en termes d'amélioration sur les différentes composantes de la condition physique : la capacité cardio-respiratoire (endurance), les aptitudes musculaires (force, endurance et puissance musculaire), la souplesse musculo-articulaire et les aptitudes neuro-motrices (équilibre, allure, coordination).
- **Le Temps ou durée** exprime le temps pendant lequel l'activité physique est pratiquée. Elle correspond à la quantité de temps par session, en minutes ou heures, par jour ou par semaine.
- **Le Volume ou quantité d'activité physique** correspond à la durée multipliée par l'intensité (la durée de l'Activité physique est le temps des séances d'activité physique multiplié par leur fréquence). Le volume d'activité physique peut être utilisé pour estimer la dépense énergétique réelle d'un individu en MET-min/semaine ou kcal/semaine.
- **La Progression** : consiste en une augmentation de l'une des composantes du FITT, tolérée par l'individu. Le taux de progression va dépendre de l'état de santé, de la condition physique et des réponses à l'activité physique de l'individu, ainsi que de ses objectifs.

A – Volume, intensité et temps de pratique de l'activité physique

Il existe une relation dose-réponse positive entre, d'une part, le volume d'activité physique pratiquée, et, d'autre part, l'état de santé et la condition physique du sujet. Toutefois cette relation étant logarithmique, les bénéfices de l'activité physique sont d'autant plus efficaces lors d'un passage d'un niveau inactif à modéré que lors d'un passage d'un niveau modéré à intensif. Ainsi au-delà d'un seuil, les effets supplémentaires sont limités avec une augmentation du risque cardio-

vasculaire sans pour autant entraîner un effet délétère de l'activité physique. (Figure 3). Le maître-mot dans la promotion de l'activité physique à des fins de santé est donc «faites ce que vous pouvez pour être plus actif» puisque même faire peu est toujours meilleur pour la santé que de ne rien faire !

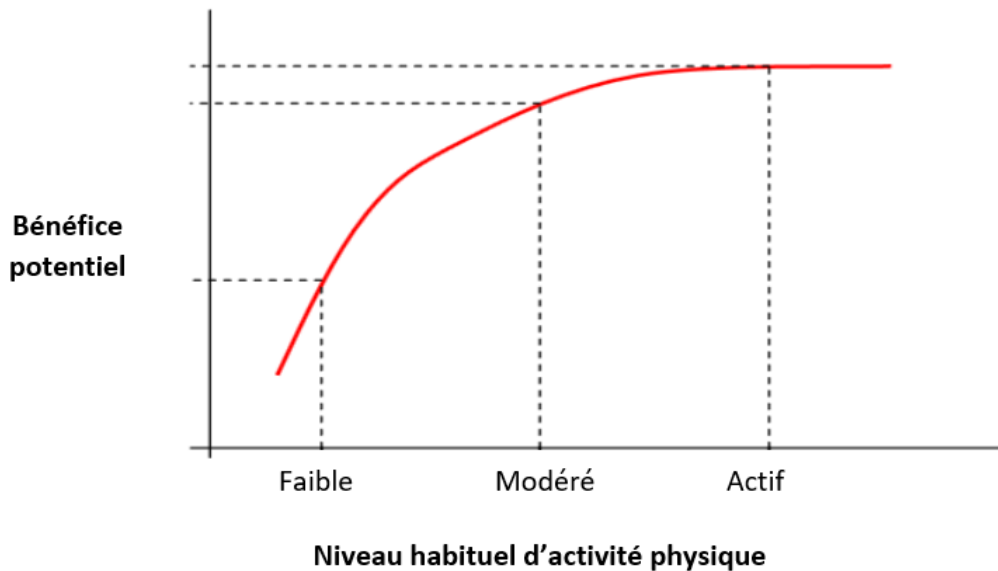


Figure 3- Relation entre le volume d'activité physique et de bénéfices pour la santé, en fonction du niveau d'Activité Physique habituel [6].

L'ACSM a pu observer qu'un taux inférieur de maladies cardio-vasculaires et de mortalité est associé à un niveau d'activité physique entraînant une dépense énergétique totale correspondant à un volume de 150 minutes par semaine d'activité physique d'intensité modérée (réparties sur trois à cinq séances par semaine) [7]. La répartition journalière peut être continue ou discontinue sans perte de bénéfice pour le pratiquant. En effet, une étude réalisée en 2018 a mis en évidence que toutes les périodes d'activité physique d'une intensité au moins modérée sont à considérer dans le calcul du temps de pratique recommandé quotidiennement, [9] et que la régularité de pratique de l'activité physique tout au long de la vie est essentiel pour avoir un effet bénéfique sur la condition physique, la santé et l'autonomie [11].

B - La sédentarité

Comme l'exprime la HAS, le comportement sédentaire est un déterminant majeur de l'état de santé et agit aussi sur le statut pondéral. On considère que pour réduire un comportement sédentaire, il est nécessaire de voir les grandes périodes de sédentarité (supérieures à 1 heure) interrompu par des périodes d'activité physique d'intensité légère de 1 à 5 minutes [9,10].

Tableau 1- Relation entre le temps passé à des comportements sédentaires et effets sur la santé [6]

Variables de santé	Effets d'une réduction du temps passé à des activités sédentaires
Le risque de mortalité	Réduction de la mortalité toutes causes confondues, avec relation dose-réponse
	Réduction de la mortalité cardio-vasculaire, avec relation dose-réponse
	Preuves limitées entre temps de sédentarité et mortalité par cancer
Les risques de maladies chroniques	Réduction du risque de diabète de type 2, avec relation dose-réponse
	Réduction du risque de maladies cardio-vasculaires, avec relation dose-réponse
	Réduction du risque de cancer de l'endomètre
Le statut pondéral	La relation entre la sédentarité et le pourcentage de masse grasse (et les indicateurs de poids associés, IMC et tour de taille) n'est pas clairement établie

C - Les risques et limitations

En l'absence de contre-indication, les **risques** de la pratique d'une activité physique sont bien inférieurs aux **bénéfices** de cette pratique. (Tableau 2) Les principales contre-indications et/ou limitations sont une pathologie chronique non stabilisée, les processus infectieux aigus, une pathologie ostéoarticulaire en poussées non contrôlées, une pathologie traumatique non consolidée ou un processus douloureux aigu.

Tableau 2- Balance bénéfice risque de la pratique d'une activité physique [6]

<p>Risque Cardiovasculaire grave</p>	<p>Les bénéfices pour la santé d'une activité physique régulière sont largement supérieurs aux risques cardiovasculaires liés à sa pratique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'incidence annuelle des morts subites (non traumatiques) au cours ou au décours immédiat d'un sport de loisir a été évaluée à 4,6 cas par million d'habitants.
<p>Risque Musculosquelettiques</p>	<p>Les bénéfices pour la santé d'une AP régulière sont largement supérieurs aux risques de lésions musculosquelettiques liés à sa pratique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'incidence des traumatismes lors des activités physiques de loisirs et le niveau de gravité des blessures sont plus élevés chez les sujets jeunes et chez les sujets de sexe masculin.
<p>Risque douloureux</p>	<p>Une douleur ostéo-musculo-articulaire récente est un signe d'alarme et non une contre-indication à la pratique. Cela peut témoigner d'une sur sollicitation et/ou d'une inadaptation des mouvements.</p>

II - Impact de l'activité physique sur les affections de longue durée (ALD)

D'après l'INSEE : « Le dispositif des affections de longue durée (ALD) a été mis en place dès la création de la sécurité sociale afin de permettre la prise en charge des patients ayant une maladie chronique comportant un traitement prolongé et une thérapeutique particulièrement coûteuse. Une liste établie par décret fixe trente affections (ALD30) ouvrant droit à une exonération du ticket modérateur (tumeurs malignes, diabète, maladies psychiatriques de longue durée, maladie coronaire, etc.). Son obtention est subordonnée à une demande à la caisse d'affiliation de l'assuré et à l'accord du service médical. En pratique, la quasi-totalité des affections ayant un caractère habituel de gravité (cancers, maladies

cardiovasculaires, infection par le VIH, diabète, troubles graves de la santé mentale...) est couverte par le champ des ALD. »

- On distingue deux types d'ALD : l'ALD exonérante pour laquelle le malade voit tous les soins qui se rapportent à cette affection pris en charge à 100%, et l'ALD non-exonérante, pouvant être attribuée à des patients qui nécessitent une interruption de travail ou des soins continus d'une durée prévisible égale ou supérieure à 6 mois.

D'après l'HAS, 17,3% de la population relevant du régime général bénéficient du statut affection de longue durée soit : 10,7 Millions en 2017. La Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) répertoriait une croissance des bénéficiaires du dispositif ALD avec une moyenne de +2,7%/an de 2010 à 2017 avec +3,2% entre 2016 et 2017.

L'ONAPS répertorie dans son état des lieux de 2019 : sur l'année 2017, les affections les plus représentées parmi les personnes qui bénéficient du dispositif des ALD sur liste pour le régime général sont le diabète (ALD8 : 2,7 millions, 26,0%), les tumeurs malignes (ALD30 : 2,1 millions, 20,7%) et les affections psychiatriques (ALD23 : 1,4 million, 13,5%). Par ailleurs, l'ensemble des maladies cardio-neurovasculaires concernent 36,9% (ALD 1,3,5,12 et 13 : soit 3,8 millions) des bénéficiaires du dispositif des ALD sur liste [12].

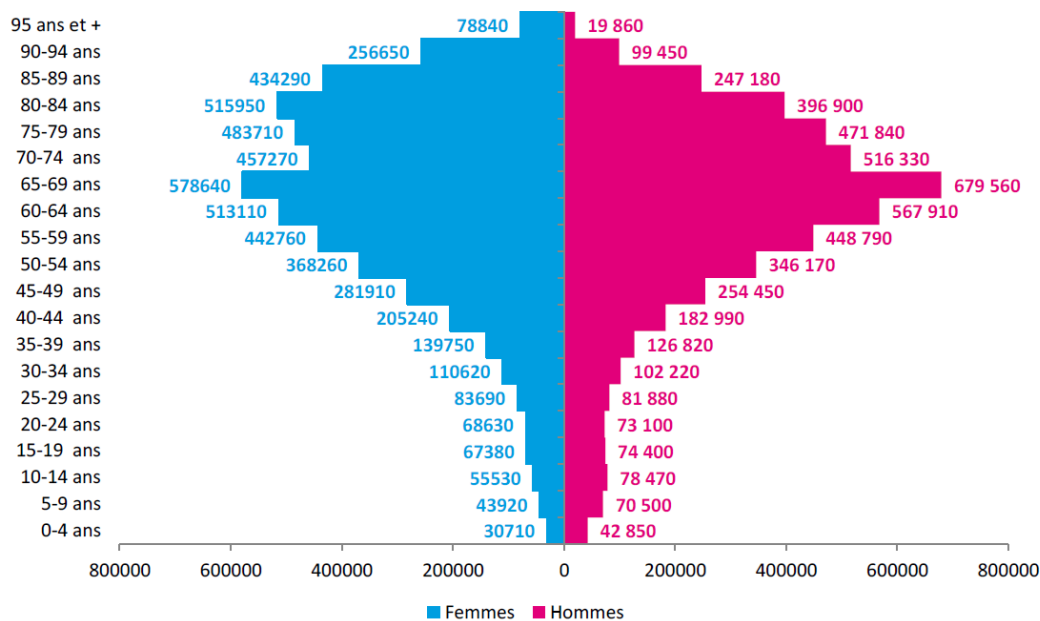


Figure 4- Pyramide des âges des personnes bénéficiant d'une prise en charge pour ALD en 2015

Source : CNAMTS-DSES, régime général y compris sections locales mutualistes

En 2015, l'âge moyen des bénéficiaires de l'ALD était de 62 ans. On retrouvait majoritairement plus de femmes (52%) induit par la différence d'espérance de vie entre les deux sexes. Au niveau géographique, il y avait plus de patients avec ALD dans les départements de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et d'autres départements comme l'Ariège, l'Allier, la Nièvre, l'Yonne, l'Indre, le Bas-Rhin et la Guadeloupe, ayant une moyenne d'âge plus élevée [13].

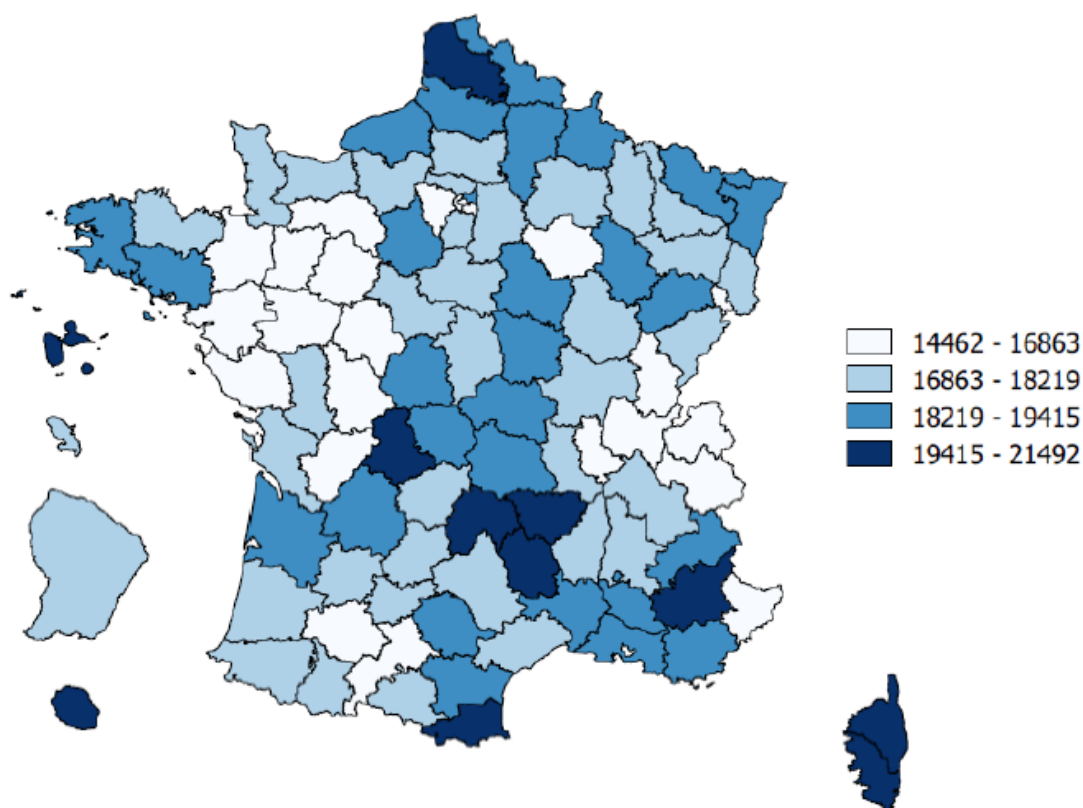


Figure 5 - Taux de prévalence des ALD par département en des ALD par département en 2017 (pour 100 000 personnes protégées du régime général)*

Source : CNAMTS-DSES, régime général y compris sections locales mutualistes – Exploitation Eco-Santé France

Fort des bénéfices de l'activité physique sur les affections chroniques décrites dans l'annexe 1, le législateur a mis en place **le décret n°2016-1990 du 30 décembre 2016** (Loi de modernisation de notre système de santé) relatif aux conditions de dispensation de **l'activité physique adaptée prescrite par le médecin traitant** à des patients ayant une affection de longue durée (NOR : AFSP1637993D), entré en vigueur **le 1er mars 2017** [1].

Pour reprendre les points essentiels de cette loi [13] :

- 1) Le décret précise ce qui est entendu par activité physique adaptée : « ... des *mouvements corporels basés sur les aptitudes et les motivations des personnes ayant des besoins spécifiques qui les empêchent de pratiquer dans des conditions ordinaires... Les techniques mobilisées relèvent d'Activités Physiques Sportives et se distinguent des actes de rééducation...* ». Elle nécessite donc une évaluation régulière des aptitudes fonctionnelles, des motivations et des besoins spécifiques du patient.
- 2) Il en rappelle l'objectif : « *la dispensation d'une activité physique adaptée a pour but de permettre à une personne d'adopter un mode de vie physiquement actif* ». Il s'agit en premier lieu d'une mesure d'incitation et d'accompagnement des personnes vers une modification durable de leur comportement, faisant appel notamment à des compétences en matière d'éducation pour la santé et d'éducation thérapeutique du patient (ETP), en plus de celles relatives aux activités physiques adaptées.
- 3) En fonction du niveau des limitations fonctionnelles du patient, il précise le niveau de qualification requis pour le personnel encadrant afin de concevoir des programmes d'activités physiques adaptées, de les personnaliser, de les encadrer et de les évaluer (Annexe 2).
- 4) Il rappelle la nécessité d'une prescription « *[...] sur un formulaire spécifique* ». Il s'agit bien d'une prescription écrite.
- 5) Il définit la nécessité d'un suivi médical : « *[...]avec l'accord des patients, l'intervenant transmet périodiquement un compte rendu sur le déroulement de l'activité physique adaptée au médecin prescripteur* ».

III - Recommandations pour une consultation médicale d'activité physique et la réalisation d'examens complémentaires

A - Les indications à la consultation médicale d'activité physique

D'après l'HAS, l'indication à la mise en place d'une consultation médicale d'activité physique varie en fonction de l'intensité de la pratique de l'activité physique adaptée souhaitée et du statut de sédentarité du patient [6].

Dans le cas d'un **patient sédentaire et inactif** l'indication se pose en fonction du niveau d'activité :

- Pour une **activité physique d'intensité légère** (marche) : Aucune consultation n'est nécessaire.
- Pour une **activité physique d'intensité modérée** (la marche rapide ou le vélo de loisirs) : la consultation est envisageable dans les situations suivantes :
 - un niveau de risque cardio-vasculaire élevé ou très élevé (hors diabète) (cf tableau 3);
 - un diabète de type 2 avec une complication macro ou micro-vasculaire ou avec un autre facteur de risque cardio-vasculaire majeur associé (tabac, dyslipidémie ou hypertension artérielle) ;
 - un antécédent de cancer ayant nécessité un traitement médical spécifique cardiotoxique.
- Pour une **activité physique d'intensité élevée** : il est préconisé de réaliser une consultation dans les situations suivantes :
 - un niveau de risque cardio-vasculaire modéré, élevé ou très élevé (hors diabète) (cf tableau 3); ;
 - un diabète de type 2 ou de type 1 ;

- un antécédent de cancer ayant nécessité un traitement médical spécifique cardiotoxique ;
- une obésité sévère avec un IMC ≥ 35 (la consultation est conseillée).

Dans le cas d'un **patient actif non sédentaire**, la pratique d'une activité d'intensité légère ou modérée peut se faire en autonomie avec une augmentation progressive de la volumétrie et de l'intensité tout en prenant en considération la possible aggravation de la pathologie et des comorbidités. Pour une pratique d'intensité élevée, les recommandations à la mise en place d'une consultation sont similaires à celles d'un patient sédentaire.

Tableau 3- Classification du risque cardio-vasculaire modifiée, d'après l'European Society of Cardiology, 2016 [14]

Niveau de risque cardio-vasculaire	
Très élevé	SCORE ≥ 10 %
	Insuffisance rénale chronique sévère (DFG < 30 mL/min/1,73 m ²)
	Maladie CV documentée : antécédents d'IDM, de syndrome coronarien aigu, revascularisation coronaire ou artérielle, AVC, AIT, anévrisme aortique et AOMI (Prévention secondaire)
	Diabètes avec : - une complication macro ou micro-vasculaire, dont une protéinurie - ou un facteur majeur de risque CV associé (tabagisme, hypertension artérielle ou une hypercholestérolémie)
Elevé	$5\% \leq \text{SCORE} < 10\%$
	Insuffisance rénale chronique modérée (DFG : 30-59 mL/min/1,73m ²)
	Un facteur majeur de risque CV nettement augmenté, en particulier : - une hyper-cholestérolémie totale $> 3,1\text{g/L}$ (8 mmol/L) ; - ou une hypertension artérielle $\geq 180/110$ mm Hg
	Les autres diabètes, à l'exception des individus jeunes avec un diabète de type 1 et sans autres facteurs majeurs de risque CV qui peuvent être considérés comme à risque modéré ou faible
Modéré	$1\% \leq \text{SCORE} < 5\%$
Faible	SCORE $< 1\%$

B - Le déroulement de la consultation médicale d'activité physique

L'objectif de la consultation médicale est de pouvoir appréhender les **facteurs influençant l'activité physique et les comportements sédentaires** (figure 6). L'interrogatoire du patient, vise à rechercher l'ensemble des pathologies présentes et des antécédents personnels. Lors de ce temps le praticien évalue les risques cardiovasculaires et le niveau d'activité physique pratiqué ainsi que celui qui est visé. L'interrogatoire permet également de préciser l'histoire médicale et les habitudes de vie du patient.

Les contre-indications à l'activité physique sont également à rechercher dans l'interrogatoire (tableau 4), ainsi que les limitations musculosquelettiques à l'activité physique.

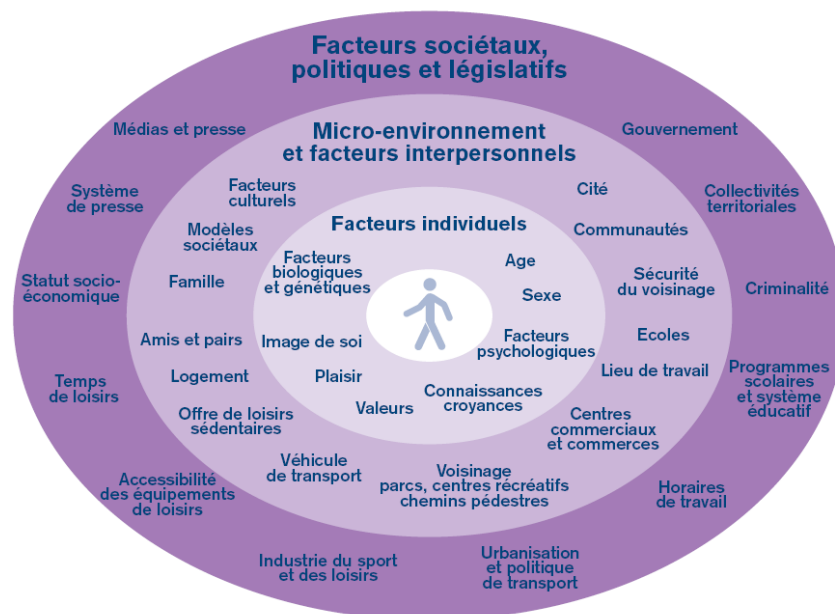


Figure 6- Modèle écologique des facteurs influençant l'activité physique et les comportements sédentaires (d'après Booth)

Par la suite, un examen spécifique de la condition physique est réalisé pour détecter les limitations et en préciser leur niveau de retentissement sur les performances maximales ou la vie quotidienne.

Dans un premier temps, les données anthropométriques sont à recueillir : poids, taille, indice de masse corporelle (IMC) et périmètre abdominal et de taille.

Dans un second temps, les tests en environnement sont réalisés pour évaluer les capacités musculaires, cardio-respiratoires, de souplesse et d'équilibre du sujet. En l'occurrence le **test de marche de 6 minutes (TM6)** est le test communément utilisé pour évaluer les capacités d'endurance. Enfin, un **entretien motivationnel** sera réalisé pour préciser les leviers et les freins motivant la pratique de l'activité physique. En fonction de cette première étape, des examens complémentaires seront proposés pour compléter le bilan de la pathologie ou en vue de la pratique d'une activité physique adaptée : épreuve d'effort, électrocardiogramme ou autres examens.

En fin de consultation, une prescription médicale d'activité physique adaptée, individualisée réaliste et réalisable sera proposée aux patients.

Tableau 4- Contre-indications et limitations cardio-vasculaires, respiratoires et métaboliques à l'activité physique [6]

<p>Contre-indications absolues</p> <ul style="list-style-type: none"> - Angor instable - Insuffisance cardiaque décompensée - Troubles rythmiques ventriculaires complexes - Hypertension artérielle sévère non contrôlée - Hypertension artérielle pulmonaire (> 60 mm Hg) - Présence de thrombus intracavitaire volumineux ou pédiculé - Épanchement péricardique aigu - Myocardiopathie obstructive sévère - Rétrécissement aortique serré et/ou symptomatique - Thrombophlébite récente avec ou sans embolie pulmonaire - Diabète avec mal perforant plantaire pour les AP sollicitant les membres inférieurs 	<p>Contre-indications relatives pour les Activités physiques élevées</p> <ul style="list-style-type: none"> - Insuffisance respiratoire chronique sous O₂ de longue durée - Pathologies respiratoires chroniques sévères (qui peuvent désaturer à l'effort)
	<p>Contre-indications temporaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Toutes affections inflammatoires et/ou infectieuses évolutives - Épisode récent d'exacerbation respiratoire (moins de 3 semaines) - Pathologies respiratoires non contrôlées - Diabète non contrôlé avec acétonurie/acétonémie
	<p>Précautions</p> <ul style="list-style-type: none"> - La prudence doit être de règle chez le patient insuffisant cardiaque, qui a un risque de troubles du rythme élevé.

C - Les recommandations pour un électrocardiogramme au repos avant une prescription d'activité physique

Pour une activité d'intensité faible ou modérée, il n'est pas recommandé de réaliser un ECG de repos chez les patients asymptomatiques. En effet, l'ECG de repos ne permet pas de dépister une maladie coronarienne silencieuse en l'absence de symptôme [6].

Pour la pratique d'une activité d'intensité élevée un ECG de repos et une consultation auprès d'un cardiologue sont recommandés :

- chez les adultes de moins de 35 ans, en cas d'antécédents familiaux de pathologies cardio-vasculaires héréditaires ou congénitales ou de mort subite avant 50 ans ;
- chez les patients avec des antécédents personnels de maladie cardio-vasculaire (hors HTA équilibrée) ;

D – Conditions de réalisation d'une épreuve d'effort avant une prescription d'activité physique

En dehors des prises en charge spécifiques de la pathologie, les indications à la réalisation d'une épreuve d'effort avant mise en place d'une activité physique adaptée chez un patient asymptomatique sont limitées à ceux ayant un risque cardiovasculaire modéré ou élevée (tableau 3) dans un contexte d'activité physique d'intensité élevée (> 6 METs).

Tableau 5 - Récapitulatif des recommandations pour EE avant un programme d'activité physique d'intensité élevée > 6 METs [6]

Sujet asymptomatique	Risque CV faible	Risque CV modéré	Risque CV élevé
Inactif	EE non préconisée	EE peut être réalisée	EE recommandée
Actif	EE non recommandée	EE non préconisée	EE recommandée

E – Prescription et d'activité physique

D'après la HAS, la prescription d'une activité physique doit être adaptée à la pathologie chronique présentée, individualisée aux caractéristiques du patient et notamment son risque cardiovasculaire et ses capacités physiques et cognitives. Cette prescription devra être réaliste, réalisable, objective et adaptée aux ressources de proximité du patient, ainsi qu'à ses envies.

Ainsi une prescription APA devra contenir au mieux [6]:

- **des conseils sur l'augmentation des activités physiques de la vie quotidienne**, en particulier les déplacements actifs ;
- **des conseils sur la réduction du temps passé à des comportements sédentaires** et son fractionnement ;
- **les composantes de la condition physique à développer** en priorité, en fonction des faiblesses repérées à l'examen ;
- **les caractéristiques en FITT-VP de l'activité physique** préconisée, en renvoyant, le plus souvent, le professionnel qui supervise l'AP aux référentiels d'aide à la prescription d'AP par pathologie édités par la HAS ;
- **un programme d'activité physique adapté** à la pathologie du patient, en ville ou en institution, en individuel ou en groupe (si indiqué et en fonction des ressources locales) ;
- **une activité sportive de loisirs** choisie avec le patient, avec les coordonnées du club sportif de proximité ; ou une activité de **sport-santé** (si indiquée), en s'aidant du dictionnaire médico-sport-santé ;
- **le type de professionnel requis pour superviser l'activité physique** (si indiqué), en fonction du jugement clinique du médecin, en s'aidant de la classification en quatre niveaux des limitations fonctionnelles développée pour les patients en ALD (annexe 2), en s'adaptant aux ressources locales en activité physique et en tenant compte des demandes du patient ;
- **un certificat médical d'absence de contre-indication à l'activité sportive** pour le sport choisi avec le patient (si indiqué).

Problématique

Depuis 2016 les médecins traitants ont la possibilité de prescrire de l'APA à leurs patients en ALD, mais s'il existe bien des recommandations de prescription, il n'y a pas de caractérisation claire de la réalité pratique des programmes d'APA. En effet, l'ensemble des recommandations est basé sur **le postulat qu'une activité physique adaptée est une activité d'intensité modérée** or en cas de passage à un niveau de pratique d'intensité élevée, l'ensemble du bilan à réaliser devra être revu à la hausse pour assurer la sécurité du patient dans sa pratique.

L'objectif de cette thèse est de mieux caractériser un programme d'activité physique adaptée à destination d'un patient présentant une maladie chronique.

Dans un premier temps, il faut rechercher à évaluer le niveau d'intensité réel d'une séance d'activité physique adaptée effectuée dans un centre hospitalier universitaire de référence, spécialisé dans la prise en charge des patients ayant une affection de longue durée relevant de cette pratique.

Dans un second temps, il faut étudier la capacité de tests environnementaux (tests de marche de 6 minutes et test de lever de chaise) à évaluer les capacités physiologiques aérobies et musculaires des patients devant bénéficier d'activité physique adaptée dans un contexte de maladie chronique.

Deuxième section : articles

Article I : Intensité physiologique réelle à l'effort dans la pratique de l'activité physique adaptée dans le cadre de la prise en charge de patients ayant une affection de longue durée

Article II : Place du test de 6 minutes de marche dans l'évaluation des capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée

Article III : Place du test de lever de chaise d'une minute dans l'évaluation des capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée

Article I : Intensité physiologique à l'effort dans la pratique de l'activité physique adaptée

Synthèse de l'article I : *Intensité physiologique réelle à l'effort dans la pratique de l'activité physique adaptée dans le cadre de la prise en charge de patients ayant une affection de longue durée*

Objectif : Le but de cette étude a été d'évaluer le niveau d'intensité réelle de l'exercice chez des patients atteints de maladies chroniques participant à un programme d'APA.

Pour cette étude transversale, nous avons inclus des patients d'un service spécialisé dans l'évaluation des patients relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée : Centre Universitaire de Médecine du Sport et Activité Physique Adaptée (CUMSAPA) du Centre Hospitalier Régional Universitaire de Nancy (CHRU de Nancy).

Ces patients (n=75) présentaient une maladie chronique stable et ne nécessitaient pas un traitement par bêtabloquant. Ils ont systématiquement bénéficié d'une épreuve d'effort pour évaluer les capacités physiologiques à l'effort (performances maximales) et d'un enregistrement de la fréquence cardiaque (FC) sans contact lors de la première séance APA. Lors de cette épreuve d'effort le résultat de la consommation maximale d'oxygène ($V'O_2\text{max}$) a permis de considérer deux groupes de patients sur la base des résultats de l'évaluation fonctionnelle de la performance à l'effort : (1) Pas de limitation de la performance maximale à l'effort ($V'O_2\text{max}$

supérieure ou égale à 80 % de la référence théorique) et (2) Performance maximale à l'effort limitée ($V'O_2\text{max}$ inférieure à 80% de la valeur théorique).

Dans notre échantillon, cinquante-deux patients (69,3 %) étaient des femmes, l'âge moyen était de 42,6 (\pm 13,8) ans et l'IMC moyen était de 36,7 (\pm 10,6). Il a été retrouvé 39 (52,0%) patients ayant des performances maximales normales et 36 (48,0%) patients avec des capacités physiques à l'effort limitées. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été mise en évidence sur les caractéristiques démographiques et cliniques.

Il a été mis en évidence un niveau réel d'intensité physiologique à l'effort moyen modéré lors de la séance d'APA (moins de 70 % de la capacité maximale réelle). A contrario, les 15 minutes les plus intensives ont concerné un niveau d'activité élevé (75,8 % de la capacité maximale).

Cette étude a mis en évidence un niveau réel d'intensité physiologique à l'effort élevé lors des 15 min les plus intensives d'une séance d'APA encadrée (> 70 % capacité maximale réelle).

Les résultats de cette étude en conditions réelles de pratique d'APA suggèrent un niveau de pratique pouvant être élevé et nécessitant un bilan approfondi pour limiter les risques cardiovasculaires à la pratique. Ce résultat important amène à discuter l'introduction d'une épreuve d'effort maximal, de manière systématique pour des patients inactifs avec un risque cardiovasculaire modéré dans le contexte de pratique d'une activité physique d'un niveau élevé.

Néanmoins, le contexte socio-économique du système de santé et le risque de mort subite lors d'une épreuve d'effort questionnent sur la place d'un tel examen dans la prescription de l'APA. En effet, la balance coût/bénéfice et bénéfice/risque ne

semble pas en faveur de la prescription systématique de cet examen. Toutefois, il ne semble pas envisageable également de dispenser de l'APA sans assurer la sécurité pour le patient qui doit en bénéficier. Il en découle un intérêt à explorer l'apport de tests environnementaux (tests de 6 minutes de marche ou tests de lever de chaise) dans la capacité à effectuer un bilan complet en évaluant les capacités fonctionnelles à l'effort d'un patient avec un coût économique faible et un temps rapide pour une réalisation par le médecin traitant ; car l'allongement du bilan exploratoire est également un frein dans la dispensation de l'APA par le médecin prescripteur en raison de la lourdeur du parcours d'exploration.

INTRODUCTION

Le comportement sédentaire et l'inactivité physique sont des facteurs de risque majeurs pour les maladies non transmissibles. Il représente 9 % de la mortalité prématurée, avec une réduction de l'espérance de vie de 3 ans mais également des incapacités induites par les maladies chroniques à l'impact économique important [4,15–18].

Le comportement sédentaire se définit comme une faible dépense énergétique de moins de 1,5 METs en position assise ou allongée pendant les heures d'éveil [15,19,20]. Elle peut être contrecarrée par une activité physique modérée et régulière (au moins 150 minutes/semaine d'activités physiques où la dépense énergétique est comprise entre 3 et 5,9 MET) [21,22].

En 2004, la stratégie mondiale de l'OMS sur l'alimentation, l'activité physique et la santé pour promouvoir l'activité physique a posé comme priorité de santé publique de réduire les problèmes mondiaux causés par l'association délétère de l'inactivité physique et des comportements sédentaires. Sur le plan de l'activité physique, elle a été formalisée par le « Plan d'action mondial sur l'activité physique (GAPPA) 2018-2030 », dont l'objectif est de réduire les niveaux mondiaux d'inactivité chez les adultes et les adolescents d'environ 15 % d'ici 2030 [23,24].

Les nouvelles lignes directrices de l'OMS sur l'activité physique et le comportement sédentaire ont été ratifiées en 2020. Comme les recommandations précédentes, elles encouragent l'intégration des conseils en matière d'exercice dans la pratique clinique, y compris la prescription d'exercices [25]. Dans ce contexte, *l'American College of Sports Medicine (ACSM)* a lancé une initiative multinationale appelée *Exercise is Medicine* permettant l'évaluation physique et la prescription d'exercices

dans le cadre de la prévention et du traitement des maladies pour tous les patients [26–28].

En France, la promotion de l'activité physique a été légitimée par la loi santé de 2016 du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé qui inclut l'amendement, "prescription d'activité physique", permettant aux médecins de prescrire une activité physique aux patients souffrant de maladies chroniques ressortant d'une ALD [1,29]. En milieu hospitalier, l'APA est généralement mise en place par un masseur-kinésithérapeute, en collaboration avec des enseignants d'activité physique adaptée diplômés [30,31]. Le programme APA doit être individualisé pour le patient en prenant en considération les capacités physiques à l'effort, les préférences en matière d'exercice, les aspects psychologiques et les attentes du patient.

Un programme combinant des exercices de type aérobie (effort dont l'énergie est principalement issue d'ATP d'origine majoritairement oxydative (métabolisme mitochondrial) et de renforcement musculaire est proposé pour améliorer la forme physique, la souplesse et l'équilibre. Les recommandations conseillent un exercice global d'une intensité modérée (50 à 70 % de la fréquence cardiaque maximale - FC max- et une dépense énergétique de 3 à 5,9 MET) et ne devant pas être inconfortable pour le patient [32].

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le niveau réel d'intensité physiologique à l'effort dans la pratique de l'APA dans le cadre de la prise en charge de patient atteint d'une pathologie chronique en ALD.

METHODES

Il s'est agi d'une étude transversale monocentrique réalisée au CUMSAPA du CHRU de Nancy en France entre février 2020 et juillet 2021. L'APA est un moyen qui permet la mise en mouvement des personnes qui, en raison de leur état physique, mental ou social, ne peuvent pratiquer une activité physique dans des conditions habituelles.

Les critères d'inclusion à cette étude sont un âge supérieur à 18 ans, des capacités ne contre indiquant pas la réalisation d'un test d'effort et une participation à des séances d'APA supervisées avec un système de télémétrie sans fil pour surveiller et enregistrer la fréquence cardiaque au cours de la première session. Les critères d'exclusion sont la prise d'un bêta-bloquant parmi le traitement médicamenteux lors des 3 précédents mois et la présence de douleurs et/ou limitations articulaires.

Les données recueillies auprès des patients inclus ont été l'âge, le genre et l'IMC. Les patients ont été classés en groupes en fonction de leur service de provenance : Unité de prise en charge de l'obésité (UMCO-Chirurgie Bariatrique), rhumatologie, néphrologie, diabétologie, Médecine interne et autres.

Le statut socioprofessionnel du patient a également été répertorié et catégorisé : (1) cadres et professions intermédiaires, (2) ouvriers agricoles et artisans, (3) ouvriers, (4) retraités, chômeurs, (5) étudiants, (6) en incapacité pour cause de maladie. Une épreuve d'effort maximal a été réalisée sur tous les patients inclus.

Une épreuve d'effort cardiopulmonaire maximale a été réalisée sur tous les patients inclus. Suite à l'épreuve d'effort, la population a été divisée en deux groupes [33–36] : (1) groupe de patients n'ayant aucune limitation des capacités de performance à l'effort : caractérisés par une consommation maximale d'oxygène normale ($[V'O_2\max]$)

est supérieure ou égale à 80 % de la valeur de référence) et (2) celui des patients ayant une limitation des capacités à l'effort, définie par une $\dot{V}O_2\text{max}$ réduite (inférieure à 80 % de la valeur de référence).

L'équation de Wasserman a été utilisée pour déterminer les valeurs de référence [37,38]. La FC max a été mesurée pendant le test d'effort.

- Procédure d'épreuve d'effort : la $\dot{V}O_2\text{max}$ a été établie durant une épreuve d'effort maximale incrémentale sur ergocycle (eBike, GE Healthcare, France). Pour chaque patient, un protocole d'augmentation progressive de la puissance a été conçu afin que l'épuisement volontaire soit atteint après 8 à 12 minutes d'exercice (phase de repos, phase d'effort : avec un exercice incrémental augmentant par paliers d'une minute). Les variables respiratoires et métaboliques (ventilation minute, volume courant, fréquence respiratoire, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$) ont été mesurées au moyen d'un masque facial relié à un pneumotachographe et à des analyseurs d' O_2 et de CO_2 (VyntusTM CPX, Vyair, Allemagne). Les critères d'obtention d'un effort maximal permettant la définition de $\dot{V}O_2\text{max}$ étaient FC > 90 % de la valeur de référence maximale FC (220-âge) [39], Quotient respiratoire ($[QR] = \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$) > 1,1 ou l'obtention d'un plateau de $\dot{V}O_2$ [33,34,40].

Au cours de la session d'APA, les FC ont été numérisées à 1 Hz (Via le système Custo guard, Custo Med GmbH). Le rapport entre la FC de la séance d'APA et la FC max du test d'effort a été utilisé pour évaluer l'intensité de l'effort au cours de la séance.

L'APA supervisée en milieu hospitalier est un programme APA comprenant deux interventions APA par semaine, supervisées par un masseur kinésithérapeute et/ou un enseignant d'APA formé spécifiquement. L'intensité des séances est définie

individuellement par le professionnel pour correspondre à un exercice modéré. Le programme est organisé en deux temps : 10 à 15 minutes d'activité aérobie pour échauffement puis 30 minutes d'activité de renforcement en fractionné de 6 séries au maximum, et d'une minute maximale de durée.

Analyses statistiques

Les analyses descriptives et comparatives ont été faites en tenant compte de la nature et de la distribution des variables. Les variables qualitatives ont été décrites par des fréquences et des pourcentages ; les variables quantitatives présentant une distribution normale ont été évaluées en utilisant la Moyenne écart-type (\pm ET) ou en cas d'absence de normalité par la médiane et l'intervalle interquartile (IQR).

Le test du Chi2 ou le test exact de Fisher, si nécessaire, a été utilisé pour l'analyse des variables ordinales ou nominales. Nous avons utilisé le test T de Student pour comparer l'âge, l'IMC et la fréquence cardiaque qui ont une distribution normale.

Le seuil de signification de l'étude a été fixé à 0,05. Le logiciel IBM™ SPSS Statistics version 23 a été utilisé pour l'analyse des données.

Affaire réglementaire et éthique

Toutes les données utilisées ont été obtenues à partir des dossiers médicaux des patients. Aucun examen complémentaire n'entrant pas dans la prise en charge courante du patient n'a été nécessaire pour l'étude ou pour que les patients répondent aux critères d'inclusion.

Cette étude a reçu un accord positif du comité éthique du CHRU de Nancy (n° : 2021PI191) et sur Clinicaltrials.gov (NCT05146544). L'ensemble de l'étude a respecté les principes éthiques généraux énoncés dans la Déclaration d'Helsinki. Le protocole de cette étude a été validé par la Commission National Informatique et Libertés (CNIL). Tous les patients ont donné leur consentement pour l'utilisation de leurs données médicales pendant la période où ils ont reçu des soins médicaux au CHRU de Nancy.

RESULTATS

Soixante-quinze patients ont été inclus dont 69,3 % (n=52) sont des femmes, l'âge moyen est de 42,6 (\pm 13,8) et l'IMC moyen est de 36,7 (\pm 10,6) Kg/m². La plupart des patients présentaient une obésité (57,3 %) ou une maladie rhumatologique (13,3 %). Nous avons observé 39 (52,0 %) patients avec des capacités normales à l'effort et 36 (48,0 %) avec des capacités limitées. Il n'y a pas eu de différence significative entre les deux catégories pour les caractéristiques démographiques et cliniques (tableau 6).

Tableau 6 - Caractéristiques démographiques et cliniques (n=75)

	Total (n=75)	Capacité normale à l'effort (n=39)	Capacité réduite à l'effort (n=36)	*p-value
Genre (femme)	52 (69.3)	30 (76.9)	22 (61.1)	0.137
Age (années)	42.6 (13.8)	44.9 (13.8)	40.0 (13.6)	0.129
Indice de Masse Corporelle (kg/m ²)	36.7 (10.6)	35.8 (10.2)	37.7 (11.0)	0.758
Services d'origine				
- Chir. Bariatrique/Obésité	43 (57.3)	21 (53.8)	22 (61.1)	0.581
- Rhumatologie	10 (13.3)	4 (10.3)	6 (16.7)	
- Hématologie and Oncologie	6 (8.0)	5 (12.8)	1 (2.8)	
- Diabétologie	2 (2.7)	1 (2.6)	1 (2.8)	
- Pneumologie	1 (1.3)	1 (2.6)	0 (0.0)	
- Médecine interne	3 (4.0)	1 (2.6)	2 (5.6)	
- Autres	10 (13.3)	6 (15.4)	4 (11.1)	
Statuts socio-professionnels				
- Cadres et professions intermédiaires	14 (18.7)	7 (17.9)	7 (19.4)	0.318
- Ouvriers agricoles et artisans	3 (4.0)	0 (0.0)	3 (8.3)	
- Ouvriers	42 (56.0)	23 (59.0)	19 (52.8)	
- Retraités, chômeurs,	12 (16.0)	5 (12.8)	7 (19.4)	
- Etudiants	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
- Incapacité	1 (1.3)	1 (2.6)	0 (0.0)	
- Données manquantes	3 (4.0)	3 (7.7)	0 (0.0)	

Légende : Les données sont présentées sous la forme n (%) pour les variables dichotomiques, moyenne (ET) pour les variables continues avec une distribution normale.

* Pour l'analyse univariée, nous utilisons le test T de Student pour comparer l'âge et l'indice de masse corporelle, et le test du chi carré ou le test exact de Fisher pour les autres variables.

La FC moyenne d'une séance APA de 60 minutes est de 105,3 (\pm 16,6) bpm, ce qui représente une intensité de 69,2 % de la capacité maximale. Il y a une légère différence entre les 30 minutes les plus intenses, qui sont de 105,2 (\pm 17,5) bpm et les 15 minutes les plus intenses, qui sont de 115,5 (\pm 19,4) bpm, ce qui représente une intensité de 75,8 % de la capacité maximale pour ce dernier.

Il a été observé une FC plus élevée chez les patients aux capacités physiques limitées avec une FC supérieure à 115,6 (\pm 20,3) bpm, soit une intensité d'effort de 77,8% au cours des 15 minutes les plus intenses. Toutefois, il n'a pas été retrouvé de différence significative entre les deux groupes de patients dans l'ensemble des trois périodes (tableau 7).

Tableau 7 - Fréquence cardiaque et intensité de l'effort recueilli durant la séance d'activité physique adaptée du patient

	Total (n=75)	Capacité normale à l'effort (n=39)	Capacité réduite à l'effort (n=36)	*p-value
Durant toute la séance (bpm)	105.3 (16.6)	104.3 (15.4)	106.4 (18.0)	0.597
	69.2%	66.9%	71.6%	
30min les plus intenses (bpm)	105.2 (17.5)	104.6 (17.6)	105.9 (17.6)	0.750
	69.1%	67.0%	71.3%	
15min les plus intenses (bpm)	115.5 (19.4)	115.6 (18.8)	115.6 (20.3)	0.996
	75.8%	74.0%	77.8%	

Légende : Les données sont présentées sous la forme de moyenne (ET) pour les variables continues avec une distribution normale.

**Le test de T de Student a été utilisé pour comparer les fréquences cardiaques entre les deux groupes.*

DISCUSSION

Cette étude met en évidence un niveau réel d'intensité physiologique à l'effort modéré lors d'une séance d'APA encadrée (69,2 % de la capacité maximale réelle) sur la majeure partie de la durée de la séance. En revanche, les 15 minutes les plus intenses sont caractérisées par un niveau d'activité élevé (75,8 % de la capacité maximale). Toutefois dans cette population, la capacité intrinsèque à l'effort du patient ne permet pas de trouver une différence significative d'intensité éprouvée lors de l'effort.

Ces résultats suggèrent la possibilité de confronter transitoirement le patient à un niveau d'effort élevé lors d'une séance d'APA. Cette observation implique alors la nécessité d'une évaluation fonctionnelle préventive de la fonction cardio-pulmonaire à l'effort des patients atteints de maladies chroniques, avant toute prescription d'activité physique, recommandée dans le cas de la pratique d'une activité d'un niveau élevé [41]. Nos résultats mettent ainsi en évidence le rôle clé des professionnels de santé, non seulement pour promouvoir une activité physique régulière mais également pour évaluer rigoureusement les capacités et l'état de santé des patients. Une observation partiellement en adéquation avec le slogan 2018-2030 de l'OMS GAPP – « *More active people for a healthier world* » – qui mériterait d'être complété par la mention « *in the safest manner for patients* ».

Afin d'accompagner le patient vers un mode de vie plus actif et moins sédentaire, les professionnels de santé privilégient un dialogue centré sur le patient en recueillant ses préférences et ses capacités, afin de pouvoir construire des recommandations personnalisées, formalisées au travers d'une ordonnance d'APA. De manière générale toutes les démarches de santé publique concernant l'activité physique sur

ordonnance se sont avérées efficaces dans l'augmentation générale du niveau d'exercice physique d'une population [42,43].

Pour réduire le risque de blessure, les patients âgés ou affaiblis devront recevoir une prescription d'exercices d'intensité préférentiellement modérée et non intensive. Ekelund et al. ont récemment démontré une association dose-réponse entre la réduction d'un risque de mortalité et la pratique d'une activité physique d'intensité modérée [44]. Il a également été noté qu'un niveau plus élevé d'activité physique dans sa globalité et quel que soit son niveau d'intensité était également associé à une diminution du risque de mortalité prématurée [44].

Dans certains cas particuliers, des programmes spécifiques peuvent avoir un effet supplémentaire. Par exemple, dans le contexte particulier des patients fragiles ou âgés, l'intérêt du renforcement musculaire doit être souligné. En effet, le rôle bénéfique de la musculation dans la réduction des chutes chez les personnes âgées a été démontré, et a été plus récemment observé pour réduire la mortalité, avec un effet additif lorsqu'il est combiné à des exercices dynamiques [45–47]. Chez les patients insuffisants cardiaques avec fraction d'éjection ventriculaire préservée, l'entraînement fractionné de haute intensité ou l'entraînement continu modéré, n'a pas présenté d'effet supplémentaire significatif sur la V'O₂max comparativement à la pratique d'une activité physique suivant les recommandations OMS [48].

En outre, comme Blair l'a précédemment mentionné, le message de santé publique le plus important dans la promotion de l'activité physique pour la santé est « *a little is better than none* » [49].

Cette étude a présenté des limites. Tout d'abord, la taille de l'échantillon et son origine monocentrique empêchent toute extension des résultats à la population générale. De plus, la présence d'une majorité de patients obèses limite toute exploration en sous-groupe. La principale force de cette étude est l'utilisation de la V'O2max comme gold standard pour évaluer les capacités fonctionnelles des patients. Nous avons également pu enregistrer fidèlement, en condition réelle de pratique, l'intensité des séances APA à partir des données physiologiques de bonne qualité. Enfin cette étude a pu intégrer également toutes les nouvelles recommandations émises par le ministère des affaires sociales et de la santé.

En conclusion, cette étude a mis en évidence un niveau réel d'intensité physiologique à l'effort élevé lors des 15 min les plus intensives d'une séance d'APA encadrée (> 70 % capacité maximale réelle). Nos résultats suggèrent un niveau de pratique réel nécessitant un bilan approfondi pour limiter les risques cardiovasculaires à la pratique d'une APA. Une analyse sur une population plus importante et hétérogène ainsi que des études longitudinales seront nécessaires pour approfondir les résultats de l'étude et permettre leur généralisation propice à de nouvelles recommandations.

Article II : Place du test de marche sur 6 minutes dans un bilan précédant la prescription d'activité physique adaptée

Synthèse de l'article II : *Place du test de marche sur 6 minutes dans l'évaluation des capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée.*

Objectif : Cette étude a visé à évaluer l'efficacité du test de marche sur 6 minutes (TM6) dans l'évaluation des capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée.

Pour cette étude transversale, nous avons inclus des patients d'un service spécialisé dans l'évaluation des patients relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée : CUMSAPA du CHRU de Nancy. Ces patients (n=156) présentaient une maladie chronique stable et ne nécessitaient pas de traitement par bêta-bloquant. L'ensemble des patients a bénéficié d'une épreuve d'effort maximale pour apprécier leurs capacités cardiovasculaires à l'effort d'endurance et d'un TM6 le même jour, après une période de repos. Lors de cette épreuve d'effort le résultat de la V'O₂max a permis de considérer deux groupes de patients sur la base des résultats de l'évaluation fonctionnelle de la performance à l'effort : (1) Pas de limitation de la performance à l'effort (V'O₂max supérieure ou égale à 80 % de la référence théorique) et (2) Performance à l'effort limitée (V 'O₂max inférieur à 80% de la valeur théorique).

Nous avons retrouvé 68 (43,6%) patients ayant des capacités à l'effort dans la normalité et 88 (56,4%) patients avec des capacités physiques limitées. La distance

parcourue sur 6 minutes a été respectivement de 510 (87) and 506 (86) m. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été mise en évidence sur la distance parcourue et la fréquence cardiaque de fin de test. La corrélation entre la V'O₂max mesurée lors de l'épreuve d'effort et la distance du TM6 affiche une pente positive ($r=0,549$ - IC 95% [0,431-0.656]).

Cette étude a permis de démontrer une relation modérée entre TM6 et V'O₂max pour les patients atteints de maladies chroniques. TM6 ne permet pas la détermination précise des capacités d'activité physique dans cet échantillon.

Cette étude met en évidence que le TM6 n'est pas un test adapté à l'évaluation des capacités à l'effort de type aérobie pour les patients ayant une maladie chronique et un état de santé relevant de la pratique de l'activité physique adaptée.

Ce résultat confirme que les patients relevant d'une APA présentent des capacités fonctionnelles suffisamment importantes pour que le TM6 ne puisse pas discerner les capacités aérobies à l'effort de ces patients. En outre, ce test environnemental s'est avéré particulièrement adapté pour les patients ayant une BPCO ou insuffisance cardiaque sévère, mais pas pour les patients ayant des pathologies chroniques à un stade non invalidant.

INTRODUCTION

En 2013, l'impact global d'un mode de vie sédentaire était estimé à 67,5 milliards de dollars par an, répartis entre 13,7 milliards de dollars de perte de productivité et 53,8 milliards de dollars de dépenses directes de santé, dont 57 % étaient supportés par le secteur public [4]. En outre, plus de 2 millions de décès dans le monde chaque année sont imputables à l'inactivité physique. Les bienfaits de l'activité physique sur les maladies chroniques ont été mis en évidence dans de nombreuses études [9,34].

Depuis 2016, le ministère de la solidarité et de la Santé a autorisé la prescription médicale d'une APA pour les patients atteints d'une maladie chronique [1]. Cette activité doit être adaptée à la pathologie et aux capacités physiques du patient. Une évaluation du risque cardiovasculaire et des capacités à l'effort est essentielle pour mettre en évidence une éventuelle contre-indication et permettre une pratique en toute sécurité [6,10].

Pour la prescription de l'APA, il n'est pas recommandé de réaliser en pratique systématique une épreuve d'effort maximale. Préalablement à toute prescription, la HAS recommande une consultation médicale afin de réaliser un interrogatoire permettant de recueillir des données cliniques ainsi que les leviers et freins à la pratique d'une APA pour le patient [6]. Dans un second temps, une évaluation des capacités cardiorespiratoires et musculaires doit être réalisée. Pour ce faire, des tests environnementaux tels que le test de 6 minutes de marche (TM6) sont proposés [6].

Dans la littérature, le TM6 a démontré son utilité dans l'évaluation des capacités à l'effort d'un patient présentant une pathologie cardiaque ou respiratoire. En effet, il a

été mis en évidence un lien entre la distance parcourue lors de ces tests et la V'O₂max [50–54]. En outre, le TM6 s'est également montré efficace dans l'évaluation des capacités à l'effort des enfants, personnes âgées, obèses ou atteintes d'un cancer [55–64].

Ainsi, dans cette étude, nous avons souhaité identifier si le TM6 est adapté à l'évaluation des capacités à l'effort des patients atteints de maladies chroniques. Notre objectif principal est d'évaluer le niveau de la relation entre la capacité à l'effort et le TM6 dans un échantillon de patients atteints de maladies chroniques relevant d'une prise en charge en APA en milieu hospitalier.

METHODES

Il s'agit une étude transversale monocentrique réalisée au CUMSAPA du CHRU de Nancy en France entre février 2020 et juillet 2021. L'APA est un moyen qui permet la mise en mouvement des personnes qui, en raison de leur état physique, mental ou social, ne peuvent pratiquer une activité physique dans des conditions habituelles.

Les critères d'inclusion à cette étude sont un âge supérieur à 18 ans, des capacités ne contre-indiquant pas la réalisation d'un test d'effort et du programme l'APA. Les critères d'exclusion sont la présence d'un bêta-bloquant dans le traitement médicamenteux du patient lors des 3 précédents mois et la présence de douleurs et/ou limitations articulaires limitant la réalisation d'une épreuve d'effort et d'un TM6. Toutes les inclusions ont été faites de manière systématique au fil du temps.

Données démographiques, cliniques et intervention

Les données recueillies auprès des patients inclus ont été l'âge, le genre et l'IMC. Les patients ont été classés en groupes en fonction de leur service de provenance : unité de prise en charge de l'obésité (UMCO/Chirurgie Bariatrique), rhumatologie, néphrologie, diabétologie, médecine interne et autres.

Une épreuve d'effort cardiopulmonaire maximale a été réalisée chez tous les patients inclus. Suite à l'épreuve d'effort, la population a été divisée en deux groupes [34,33,35,36] : (1) celui des patients n'ayant aucune limitation des capacités de performances maximales à l'effort caractérisées par une consommation maximale d'oxygène normale ($[V'O_2\max]$ supérieure ou égale à 80 % de la valeur de référence) et (2) celui des patients ayant une limitation des capacités à l'effort définie par une $V'O_2\max$ réduite (inférieure à 80 % de la valeur de référence).

L'équation de Wasserman a été utilisée pour déterminer les valeurs de référence [38,65]. La FC max a été mesurée pendant le test d'effort.

- Procédure d'épreuve d'effort : la $\dot{V}O_2\text{max}$ a été établie durant une épreuve d'effort maximale incrémentale sur ergocycle (eBike, GE Healthcare, France). Pour chaque patient, un protocole d'augmentation progressive de la puissance a été conçu afin que l'épuisement volontaire soit atteint après 8 à 12 minutes d'exercice (phase de repos, phase d'effort : avec un exercice incrémental augmentant le travail développé par paliers d'une minute). Les variables respiratoires et métaboliques (ventilation minute, volume courant, fréquence respiratoire, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$) ont été mesurées avec un masque facial relié à un pneumotachographe et à des analyseurs O_2 et CO_2 (VyntusTM CPX, Vyair, Allemagne). Les critères d'obtention de $\dot{V}O_2\text{max}$ étaient FC > 90 % de la valeur de référence maximale FC (220-âge) [39], Quotient respiratoire ([QR] = $\dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$) > 1,1 ou l'obtention d'un plateau de $\dot{V}O_2$ [33,34,40].

Comme recommandé, le TM6 a été mesuré avant le test d'effort le même jour. Le TM6 a été réalisé dans un couloir de 30m de long suivant les recommandations internationales [54]. La fréquence cardiaque et la distance de fin d'épreuve ont été enregistrées au cours de la procédure.

Analyses statistiques

D'après l'expérience du CUMSAPA, il a été prévu d'observer 20 % de sujets sous traitement bêtabloquant et 10 % de résultats non exploitables du fait de douleurs ou de limitations. Il était attendu des proportions proches de 50 % pour le groupe de patients aux capacités normales à l'effort et le groupe ayant des performances physiques limitées. En utilisant la méthode asymptotique simple, avec un intervalle de confiance bilatéral à 95 % d'une étendue de 16 % (limite inférieure pour la proportion 42 % ; limite supérieure pour la proportion 58 %), la taille de l'échantillon était de 151 sujets. Avec 30 % de patients non inclus, le nombre de participants initialement envisagé était d'environ 200 sujets (calcul = 197).

Les analyses descriptives et comparatives ont été faites en tenant compte de la nature et de la distribution des variables. Les variables qualitatives ont été décrites par des fréquences et des pourcentages ; les variables quantitatives présentant une distribution normale ont été évaluées en utilisant la Moyenne écart type (\pm ET) ou en cas d'absence de normalité par la médiane et l'intervalle interquartile (IQR).

Le test du Chi² ou le test exact de Fisher, si nécessaire, a été utilisé pour l'analyse des variables ordinales ou nominales. Nous avons utilisé le test T de Student pour comparer l'âge, l'IMC et la fréquence cardiaque qui ont une distribution normale. Une analyse par régression logistique binaire a été effectuée pour une analyse multivariée avec des capacités d'exercice pour estimer les facteurs de confusion potentiels. Une corrélation de Pearson a été utilisée pour analyser la relation entre le test TM6 et V'O₂max. Pour interpréter la corrélation de Pearson, nous avons utilisé l'échelle suivante : 0,00–0,10 Corrélation négligeable, 0,10–0,39 Corrélation faible, 0,40–0,69 Corrélation modérée, 0,70–0,89 Corrélation forte, 0,90–1,00 Corrélation très forte. [66]

Un graphique de Bland-Altman a été appliqué sur la valeur centrée réduite ($=(X - \text{moyenne}) / \text{écart-type}$) pour évaluer l'accord entre les deux variables ($V'O_2\text{max}$ et TM6). Le logiciel IBM™ SPSS Statistics version 23 a été utilisé pour l'analyse des données.

Affaire réglementaire et éthique

Toutes les données utilisées ont été obtenues à partir des dossiers médicaux des patients. Aucun examen complémentaire n'entrant pas dans la prise en charge courante du patient n'a été nécessaire pour l'étude ou pour que les patients répondent aux critères d'inclusion.

Cette étude a reçu un accord positif du comité éthique du CHRU de Nancy (n° : 2021PI191) et sur Clinicaltrials.gov (NCT05146544). L'ensemble de l'étude respecte les principes éthiques généraux énoncés dans la Déclaration d'Helsinki. Le protocole de cette étude a été validé par la Commission National Informatique et Libertés (CNIL). Tous les patients ont donné leur consentement pour l'utilisation de leurs données médicales pendant la période où ils ont reçu des soins médicaux au CHRU de Nancy.

RESULTATS

Démographiques, données cliniques et intervention

Au cours de la période d'étude de 18 mois, 208 patients ont été adressés au CUMSAPA. Cinquante-deux patients ont été exclus de l'analyse en raison d'une prise de bêta-bloquant (n = 25) et avec un test d'effort cardio-pulmonaire et TM6 non réalisé le même jour pour cause de contre-indication temporaire (n = 27).

156 patients ont été inclus dans l'étude dont 122 (78,2%) étaient des femmes. L'âge moyen était de 44,0 (\pm 12,0) ans et l'IMC moyen était de 36,7 (\pm 10,4) kg/m². 68 (43,6 %) patients ont eu une capacité à l'effort normale, tandis que 88 (56,4 %) patients ont eu des capacités limitées à l'effort. Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux groupes pour les caractéristiques démographiques et cliniques, à l'exception du genre à l'analyse multivariée (p = 0,008) (Tableau 8).

Tableau 8-*Caractéristiques démographiques et cliniques (n=156)*

	Capacité normale à l'effort (n=68)	Capacité réduite à l'effort (n=88)	*p-value	
			Univariée	Multivariée
Genre (femme)	60 (88.2)	62 (70.5)	0.006	0.008
Age (années)	45.5 (12.0)	42.9 (12.0)	0.179	0.075
Indice de Masse Corporelle (kg/m ²)	37.4 (9.8)	36.3 (10.8)	0.505	0.334
Services d'origine				
- Chir. Bariatrique/Obésité	42 (61.8)	54 (61.4)	0.857	0.909
- Rhumatologie	9 (13.2)	12 (13.6)		
- Hématologie and Oncologie	4 (5.9)	2 (2.3)		
- Néphrologie	1 (1.5)	1 (1.1)		
- Diabétologie	1 (1.5)	0 (0.0)		
- Pneumologie	1 (1.5)	2 (2.3)		
- Médecine interne	4 (5.9)	6 (6.8)		
- Autres	6 (8.8)	11 (12.5)		

Légende : Les données sont présentées sous la forme n (%) pour les variables dichotomiques, moyenne (ET) pour les variables continues avec une distribution normale.

* Pour l'analyse univariée, nous utilisons le test T de Student pour comparer l'âge et l'indice de masse corporelle, et le test du chi carré ou le test exact de Fisher pour les autres variables.

Relation entre les capacités d'activité physique et la distance au test de marche de six minutes (TM6)

La corrélation entre la V'O₂max mesurée lors de l'épreuve d'effort et la distance TM6 retrouve une pente positive ($r = 0,549$ IC 95% [0,431-0,656] – $p < 0,001$). Dans cet échantillon, les patients aux capacités normales et aux capacités limitées ont eu une distance Moyenne au TM6 de 510 (87) et 506 (86) m, respectivement. La FC moyenne à la fin du test a été de 93,3 (15,3) bpm et de 93,9 (14,3) bpm, respectivement. Il n'a pas été trouvé de différence significative entre les deux groupes pour la distance et la FC de fin de test ($p = 0,777$ et $p = 0,815$).

Le graphique de Bland-Altman a mis en évidence un excellent accord entre les deux variables (Figure 7), avec 146 (93,6 %) patients ayant une différence moyenne dans un intervalle de confiance de 95%.

Parmi les 10 patients en dehors, 6 patients étaient au-dessus de la ligne +1,96 SD avec en conséquence des capacités d'intensité plus importantes à l'épreuve d'effort (V'O₂max) qu'au TM6. Les caractéristiques des patients sont détaillées dans le tableau 9. Parmi ces patients, il y a autant de personnes obèses que de personnes ayant un IMC normal ($n=3$). Il est retrouvé également 4 femmes pour 2 hommes. Enfin 5 patients sur 6 ont une capacité d'exercice normale.

Quatre patients étaient en dessous de la ligne de -1,96SD ce qui correspond à des résultats considérablement plus élevés au TM6 (tableau 10). Un seul patient présente une obésité, la majorité des patients sont adressés du service d'oncologie. Il est important de noter que les 4 patients ont des capacités limitées à l'effort.

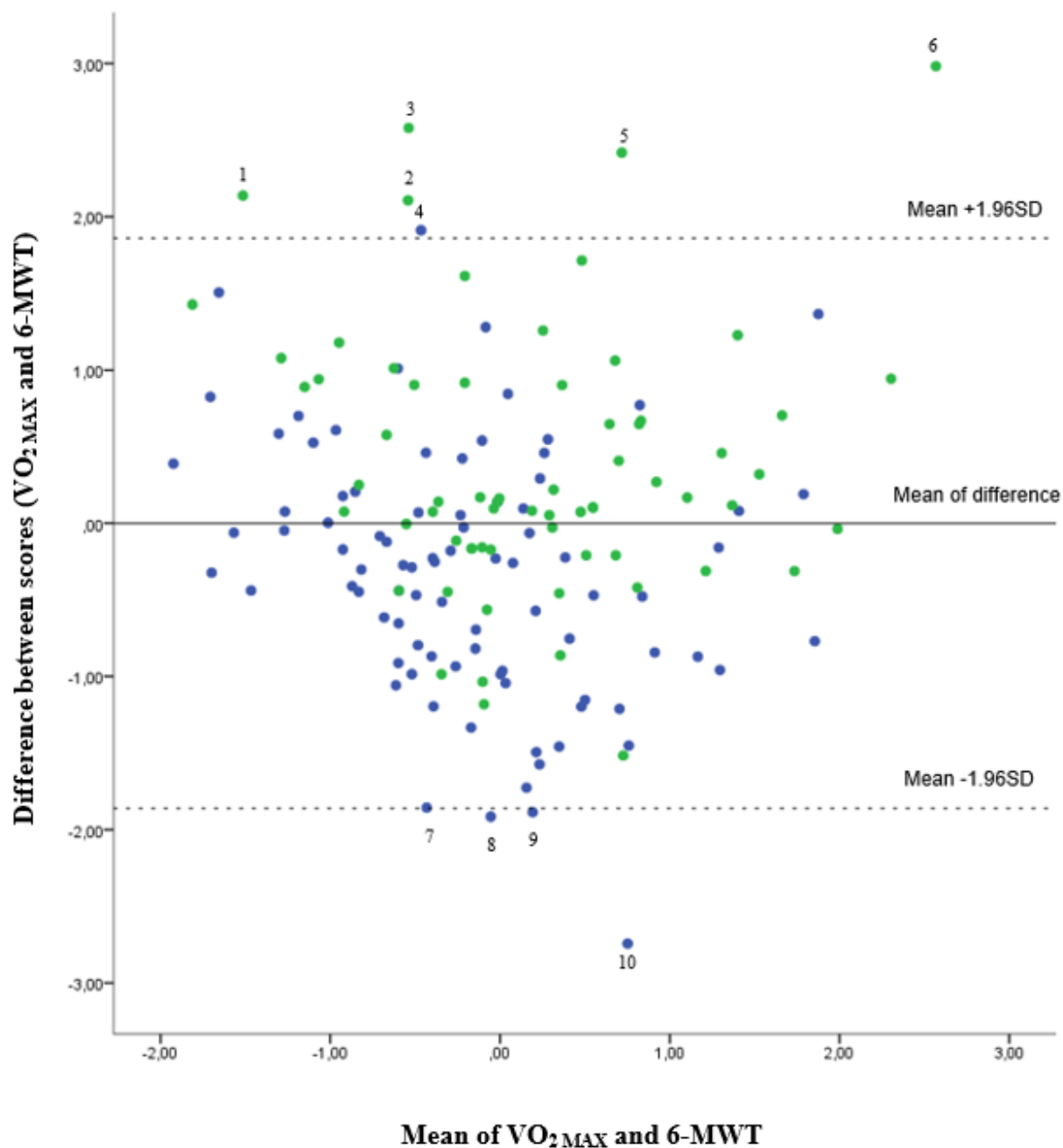


Figure 7- Graphique de Bland et Altman traitant la concordance entre la consommation maximale d'oxygène (V'O2max) et la distance du test de marche de 6 minutes (TM6)

Légende : points verts pour les patients ayant des capacités normales : V'O2max \geq 80 % de la valeur de référence. Points bleus pour les patients aux capacités inférieures à la normale : V'O2max < 80 % de la valeur de référence.

Tableau 9- Caractéristiques des 6 patients dépassant la limite supérieure de concordance entre la consommation maximale d'oxygène (V'O₂max) et la distance du test de marche de 6 minutes (TM6) au test de Bland et Altman

Patients	Caractéristiques cliniques	Départements	TM6 Distance	Force maximale*	V'O ₂ max*	FC max *
1	♀ 64 ans 41,7 kg/m ²	Chirurgie bariatrique (obésité)	285m	80 W (108%)	14,2ml/min/kg (101%)	134bpm (86%)
2	♂ 59 ans 37,8 kg/m ²	Chirurgie bariatrique (obésité)	370m	105 W (74%)	18,6ml/min/kg (87%)	160bpm (99%)
3	♀ 44 ans 37,6 kg/m ²	Chirurgie bariatrique (obésité)	575m	120 W (111%)	15,9ml/min/kg (86%)	160bpm (91%)
4	♀ 57 ans 23,3 kg/m ²	Rhumatologie	385m	70 W (86%)	18,5ml/min/kg (79%)	125bpm (77%)
5	♀ 36 ans 22,4 kg/m ²	Rhumatologie	465m	130 W (104%)	25,1ml/min/kg (89%)	164bpm (89%)
6	♂ 37 ans 23,8 kg/m ²	Rhumatologie	600m	220 W (96%)	34,9ml/min/kg (92%)	187bpm (102%)

Légende : *Mesure et pourcentage de la valeur de référence pour l'intensité de travail maximal de l'ergocycle, la V'O₂max ou la FC max

Tableau 10 - Caractéristiques des 4 patients dépassant la limite inférieure de concordance entre la consommation maximale d'oxygène (V'O₂max) et la distance du test de marche sur 6 minutes (TM6) au test de Bland et Altman

Patients	Caractéristiques cliniques	Départements	TM6 Distance	Force maximale*	V'O ₂ max*	FC max *
7	♀ 55 ans 20,2 kg/m ²	Oncologie	550m	80 W (91%)	10,0ml/min/kg (40%)	139bpm (84%)
8	♂ 67 ans 27,1 kg/m ²	Oncologie	585m	60 W (43%)	11,6ml/min/kg (47%)	103bpm (67%)
9	♂ 57 ans 28,4 kg/m ²	Rhumatologie	605m	75 W (47%)	12,8ml/min/kg (49%)	146bpm (90%)
10	♀ 42 ans 40,4 kg/m ²	Chirurgie bariatrique (obésité)	690m	80 W (72%)	13,4ml/min/kg (74%)	169bpm (95%)

Légende : *Mesure et pourcentage de la valeur de référence pour l'intensité de travail maximal de l'ergocycle, la V'O₂max ou la FC max

DISCUSSION

L'étude a mis en évidence une corrélation modérée entre TM6 et V'O2max mais une excellente concordance au travers du graphique de Bland-Altman chez des patients présentant une maladie chronique et nécessitant une prise en charge APA. Néanmoins cette étude ne retrouve pas une capacité du TM6 à déterminer le niveau de capacité à l'effort du patient.

Bien que les patients inclus dans cette étude aient une plus grande capacité d'exercice que les patients atteints de BPCO ou d'insuffisance cardiaque [50,67,68], le niveau de relation entre le TM6 et la V'O2max est du même ordre de grandeur que celui observé dans les études précédentes [40,52,53,60,64,69]. En effet, une récente méta-analyse a montré que la corrélation entre la V'O2max et la distance parcourue au TM6 était positive pour les patients atteints de BPCO ($r= 0,65$, IC 95 % [0,61–0,70]) [70].

Cette étude a mis en évidence une différence moyenne de 6m entre les patients ayant une capacité limitée versus normale (510 (87) m et 506 (86) m) sans que celle-ci soit statistiquement ou cliniquement significative ; les seuils définis dans plusieurs études vont de 14,0 à 30,5 m [58]. Nous pouvons ainsi dire que le TM6 n'est pas totalement adapté pour discriminer les patients ayant une capacité faible de ceux ayant des capacités normales.

Toutefois, bien que l'évaluation de la V'O2max lors d'un test sur vélo ergomètre soit la référence pour estimer la capacité d'effort d'un patient [71], elle peut être limitée pour des patients présentant une importante fatigabilité, comme ceux atteints d'un cancer du sein [57]. En outre, dans cette étude, il est observé parmi les 4 patients présentant des capacités à l'effort plus élevées au TM6 qu'à la V'O2max, que 50%

sont orientés par le service d'oncologie (n°7 et n°8 du tableau 10). Cette observation est en accord avec les limites précédemment décrites de la V'O2max [57].

Par conséquent, le test de marche, bien qu'imparfait, est une bonne méthode pour évaluer la capacité d'effort d'un patient. En effet, le TM6 présente l'avantage d'être facile à réaliser et pratique car il ne nécessite aucun matériel spécifique pour sa réalisation et son interprétation [54]. Néanmoins, même si nous avons observé une corrélation modérée, ce test ne permet pas de distinguer les deux niveaux de capacité observés [52].

Cette étude a présenté des limites. Tout d'abord, la taille de l'échantillon et son origine monocentrique empêchent toute extension des résultats à l'ensemble de la population générale. De plus, la présence d'une majorité de patients obèses limite toute exploration en sous-groupe. La principale force de cette étude est l'utilisation de la V'O2max comme gold standard pour évaluer les capacités fonctionnelles des patients. Il intègre également toutes les nouvelles recommandations émises par le ministère des affaires sociales et de la santé.

En conclusion, cette étude a observé une relation modérée entre les résultats du TM6 et la V'O2max ainsi que la limite de ce test à détecter les capacités physiologiques aérobies à l'effort des patients atteints de maladies chroniques.

D'autres études interventionnelles et contrôlées sur une plus grande cohorte de patients seront nécessaires pour explorer l'efficacité du TM6 dans l'évaluation de la capacité d'exercice des patients nécessitant une APA.

Article III : Place du test de lever de chaise d'une minute dans un bilan précédant la prescription d'activités physiques adaptées

Synthèse de l'article II : *Place du test de lever de chaise d'une minute dans l'évaluation des capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée.*

Objectif : Cette étude vise à évaluer l'efficacité du test de lever de chaise de 1 minute (1MSTS) dans l'évaluation des capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée.

Pour cette étude transversale, nous avons inclus des patients d'un service spécialisé dans l'évaluation des patients relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée : CUMSAPA du CHRU de Nancy. Ces patients (n=50) ont présenté une maladie chronique stable et n'ont pas nécessité de traitement par bêta-bloquant. L'ensemble des patients a bénéficié d'une épreuve d'effort maximale pour apprécier les capacités cardiovasculaires à l'effort d'endurance et d'un test de lever de chaise de 1 minute (1MSTS) le même jour, après une période de repos. Lors de cette épreuve d'effort le résultat de la V'O₂max a permis de considérer deux groupes de patients sur la base des résultats de l'évaluation fonctionnelle de la performance à l'effort : (1) Pas de limitation de la performance à l'effort (V'O₂max supérieure ou égale à 80 % de la référence théorique) et (2) Performance à l'effort limitée (V'O₂max inférieure à 80% de la valeur théorique).

Nous avons retrouvé 22 (44,0%) patients ayant des capacités à l'effort normales et 28 (56,0%) patients avec des capacités physiques limitées. Le nombre de répétitions moyennes au 1MSTS ont été de 27,1 (7,1) et 25,2 (8,7), respectivement. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été mise en évidence pour le nombre de répétitions, la fréquence cardiaque de fin de test et le test final de l'échelle de Borg. La corrélation entre la V'O₂max mesurée lors de l'épreuve d'effort et les répétitions au 1MSTS affiche une pente positive ($r=0,401$ - IC 95% [0,114-0,625]).

Cette étude démontre une relation modérée entre 1MSTS et V'O₂max pour les patients atteints de maladies chroniques. Le 1MSTS ne permet pas la détermination précise des capacités d'activité physique dans cet échantillon.

Cette étude a pu mettre en évidence que le 1MSTS n'est pas un test adapté à l'évaluation des capacités à l'effort de type aérobie pour les patients ayant une maladie chronique et un état de santé relevant de la pratique de l'activité physique adaptée.

Ce résultat va dans le sens contraire de la littérature où le 1MSTS avait été développé pour évaluer les capacités aérobies des patients ayant une affection chronique et tout particulièrement les maladies respiratoires et rénales. Cette discordance peut être induite par l'état physiologique des patients bénéficiant d'activité physique adaptée. En effet, dans la littérature, ce test a été mis en place sur des patients présentant des affections respiratoires sévères et invalidantes. Dans le cas de notre étude, les patients ne présentent pas de pathologies clairement invalidantes. Ainsi nos résultats suggèrent que le 1MSTS est un test environnemental adapté uniquement dans l'évaluation de patients présentant un état pathologique invalidant, probablement sévère.

INTRODUCTION

L'évaluation des capacités à l'effort d'un patient est un enjeu important à la mise en place d'un programme d'APA en toute sécurité [9,34]. En 2016, le ministère de la Solidarité et de la Santé a autorisé la prescription médicale de l'APA pour les patients atteints de maladies chroniques après une évaluation des capacités à l'exercice et du risque cardiovasculaire [1,6,10].

Le test de lever de chaise a été premièrement développé pour évaluer les capacités musculaires des membres inférieurs [72]. Le test de la lever de chaise d'une minute (1MSTS) est une version développée par Koufaki et al. en 2002 pour évaluer la capacité aérobie d'un patient sur un temps court et dans un espace limité [56,73–75]. En outre, le 1MSTS ne nécessite qu'une logistique réduite, facilement disponible : une chaise, un chronomètre et un espace inférieur à 2 m².

L'objectif principal de cette étude vise à évaluer le niveau de la relation entre les capacités à l'effort de patients ayant une affection de longue durée et relevant d'une prise en charge par activité physique adaptée et les résultats obtenus au 1MSTS.

MATERIELS ET METHODES

Il s'est agi d'une étude transversale monocentrique réalisée au CUMSAPA du CHRU de Nancy en France entre février 2020 et juillet 2021. L'APA est un moyen qui permet la mise en mouvement des personnes, qui, en raison de leur état physique, mental ou social, ne peuvent pas pratiquer une activité physique dans des conditions habituelles.

Les critères d'inclusion à cette étude ont été : un âge supérieur à 18 ans, des capacités ne contre indiquant pas la réalisation d'un test d'effort maximal et du programme individualisé d'APA. Les critères d'exclusion ont été la présence d'un traitement par bêta-bloquant lors des 3 précédents mois et la présence de douleurs et/ou limitations articulaires.

Données démographiques, cliniques et intervention

Les données recueillies auprès des patients inclus ont été l'âge, le genre et l'IMC. Les patients ont été classés en groupes en fonction de leur service de provenance : unité de prise en charge de l'obésité (UMCO-Chirurgie Bariatrique), rhumatologie, néphrologie, diabétologie, Médecine interne et autres.

Une épreuve d'effort cardiopulmonaire maximale a été réalisée chez tous les patients inclus. Suite à l'épreuve d'effort, la population a été divisée en deux groupes [34–36,33] : (1) ceux n'ayant aucune limitation des capacités de performance à l'effort, ce qui est caractérisé par une consommation maximale d'oxygène normale ($[V'O_2\text{max}]$ supérieure ou égale à 80 % de la valeur de référence) et (2) ceux ayant une limitation des capacités à l'effort, définie par une $V'O_2\text{max}$ réduite (inférieure à 80 % de la valeur de référence).

L'équation de Wasserman a été utilisée pour déterminer les valeurs de référence [38,65]. La FC max a été mesurée pendant le test d'effort maximal.

- Procédure d'épreuve d'effort : la $\dot{V}O_2\text{max}$ a été mesurée lors d'une épreuve d'effort maximale incrémentale sur ergocycle (eBike, GE Healthcare, France). Pour chaque patient, un protocole d'augmentation progressive de la puissance a été délivré pour que l'épuisement volontaire soit atteint après 8 à 12 minutes d'exercice (phase de repos, phase d'effort : avec un exercice incrémental augmentant la puissance par paliers égaux à développer toutes les minutes). Les variables respiratoires et métaboliques (ventilation minute, volume courant, fréquence respiratoire, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$) ont été mesurées à travers un masque facial relié à un pneumotachographe et des analyseurs d' O_2 et CO_2 (VyntusTM CPX, Vyair, Allemagne). Les critères d'obtention de $\dot{V}O_2\text{max}$ étaient FC > 90 % de la valeur de référence maximale FC (220-âge) [39], Quotient respiratoire ([QR] = $\dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$) > 1,1 ou l'obtention d'un plateau de $\dot{V}O_2$ [33,34,40].

Le 1MSTS a été mesuré avant l'épreuve d'effort le même jour selon les recommandations internationales [73,76]. Le test a été réalisé en utilisant une chaise de hauteur standard de 45 cm sans accoudoir pendant 1 minute. Le patient devait être assis bien droit sur la chaise positionnée contre un mur. Le patient était assis avec les genoux et les hanches fléchis à 90°, les pieds posés à plat sur le sol, à la largeur des hanches, et les mains posées sur les hanches. Chaque montée depuis la chaise a été validée pour vérifier si une séquence complète assis-debout-assis a été

réalisée. L'échelle de Borg modifiée a été utilisée pour évaluer la fatigue et le nombre de répétitions a été mesuré. La FC avant et après le 1MSTS a été mesurée.

Analyses statistiques

Les analyses descriptives et comparatives ont été faites en tenant compte de la nature et de la distribution des variables. Les variables qualitatives ont été décrites par des fréquences et des pourcentages ; les variables quantitatives présentant une distribution normale ont été évaluées en utilisant la Moyenne écart-type (\pm ET) ou en cas d'absence de normalité par la médiane et l'intervalle interquartile (IQR).

Le test du Chi² ou le test exact de Fisher, si nécessaire, a été utilisé pour l'analyse des variables ordinales ou nominales. Nous avons utilisé le test T de Student pour comparer l'âge, l'IMC et la fréquence cardiaque qui ont une distribution normale.

Une analyse multivariée via une régression logistique binaire a été effectuée pour analyser les capacités à l'effort du patient avec l'âge, l'IMC, le sexe et le nombre de répétitions complètes au test de lever de chaise d'une minute.

Une corrélation de Pearson a été utilisée pour analyser la relation entre le test 1MSTS et V'O₂max. Pour interpréter la corrélation de Pearson, nous avons utilisé l'échelle suivante : 0,00–0,10 Corrélation négligeable, 0,10–0,39 Corrélation faible, 0,40–0,69 Corrélation modérée, 0,70–0,89 Corrélation forte, 0,90–1,00 Corrélation très forte [66].

Le seuil de signification de l'étude a été fixé à 0,05. Le logiciel IBM™ SPSS Statistics version 23 a été utilisé pour l'analyse des données.

Affaire réglementaire et éthique

Toutes les données utilisées ont été obtenues à partir des dossiers médicaux des patients. Aucun examen complémentaire n'entrant pas dans la prise en charge courante du patient n'a été nécessaire pour l'étude ou pour que les patients répondent aux critères d'inclusion.

Cette étude a reçu un accord positif du comité éthique du CHRU de Nancy (n° : 2021PI191) et sur Clinicaltrials.gov (NCT05146544). L'ensemble de l'étude respecte les principes éthiques généraux énoncés dans la Déclaration d'Helsinki. Le protocole de cette étude a été validé par la Commission National Informatique et Libertés (CNIL). Tous les patients ont donné leur consentement pour l'utilisation de leurs données médicales pendant la période où ils ont reçu des soins médicaux au CHRU de Nancy.

RESULTATS

Données démographiques, cliniques et intervention

50 patients ont été inclus dans l'étude dont 41 (82%) étaient des femmes. L'âge moyen était de 44,1 ($\pm 10,9$) ans avec un IMC moyen de 36,5 ($\pm 9,1$) kg/m². Nous avons retrouvé 28 (56,0%) patients ayant des capacités limitées à l'effort et 22 (44,0%) patients avec des capacités physiques à l'effort maximal dans la normale. Il n'y a pas eu de différence significative entre les deux groupes pour les caractéristiques démographiques et cliniques, en dehors du genre ($p = 0,028$) (Tableau 11). L'analyse multivariée a mis en évidence, entre les deux groupes, uniquement une différence significative pour l'âge ($p = 0,021$ - pour le sexe $p = 0,056$).

Relation entre les capacités à l'effort et le test de lever de chaise d'une minute

Dans cet échantillon, les patients aux capacités normales à l'effort et limitées ont respectivement réalisé un nombre de répétitions moyen au 1MSTS de 27,1 ($\pm 7,1$) et 25,2 ($\pm 8,7$). Toutefois, aucune différence significative n'a été retrouvée entre les deux groupes sur ce nombre de répétitions ($p = 0,386$). Aucune différence significative entre les deux groupes n'a également été mise en évidence pour la FC et l'évaluation de la fatigue par échelle de Borg après le test ($p = 0,339$ et $p = 0,793$ respectivement).

La corrélation entre la V'O₂max mesurée lors de l'épreuve d'effort et le nombre de répétitions au 1MSTS est positive ($r = 0,401$ - IC 95% [0,114-0,625]) (Figure 8).

Tableau 11 - Caractéristiques démographiques et cliniques (n=50)

	Capacité réduite à l'effort (n=28)	Capacité normale à l'effort (n=22)	*p-value
Genre (femme)	20 (71.4)	21 (95.5)	0.028
Age (années)	41.6 (10.9)	47.3 (10.3)	0.064
Indice de Masse Corporelle (kg/m ²)	36.1 (11.1)	37.1 (5.9)	0.685
Services d'origine			
- Chir. Bariatrique/Obésité	15 (53.6)	15 (68.2)	0.624
- Rhumatologie	5 (17.9)	3 (13.6)	
- Néphrologie	1 (3.6)	0 (0.0)	
- Diabétologie	0 (0.0)	1 (4.5)	
- Médecine interne	3 (10.7)	1 (4.5)	
- Autres	4 (14.3)	2 (9.1)	
Test de lever de chaise 1 minutes			
- Nombre de répétitions	25.2 (8.7)	27.1 (7.1)	0.386
- Fréquence cardiaque d'avant test	100.9 (15.2)	99.0 (16.6)	0.687
- Fréquence cardiaque d'après test	135.5 (15.8)	141.3 (23.6)	0.339
- Echelle de Borg après test	6.3 (2.2)	6.1 (2.0)	0.793

Légende : Les données sont présentées sous la forme n (%) pour les variables dichotomiques, moyenne (ET) pour les variables continues avec une distribution normale.

* Pour l'analyse univariée, nous utilisons le test T de Student pour comparer l'âge et l'indice de masse corporelle, et le test du chi carré ou le test exact de Fisher pour les autres variables.

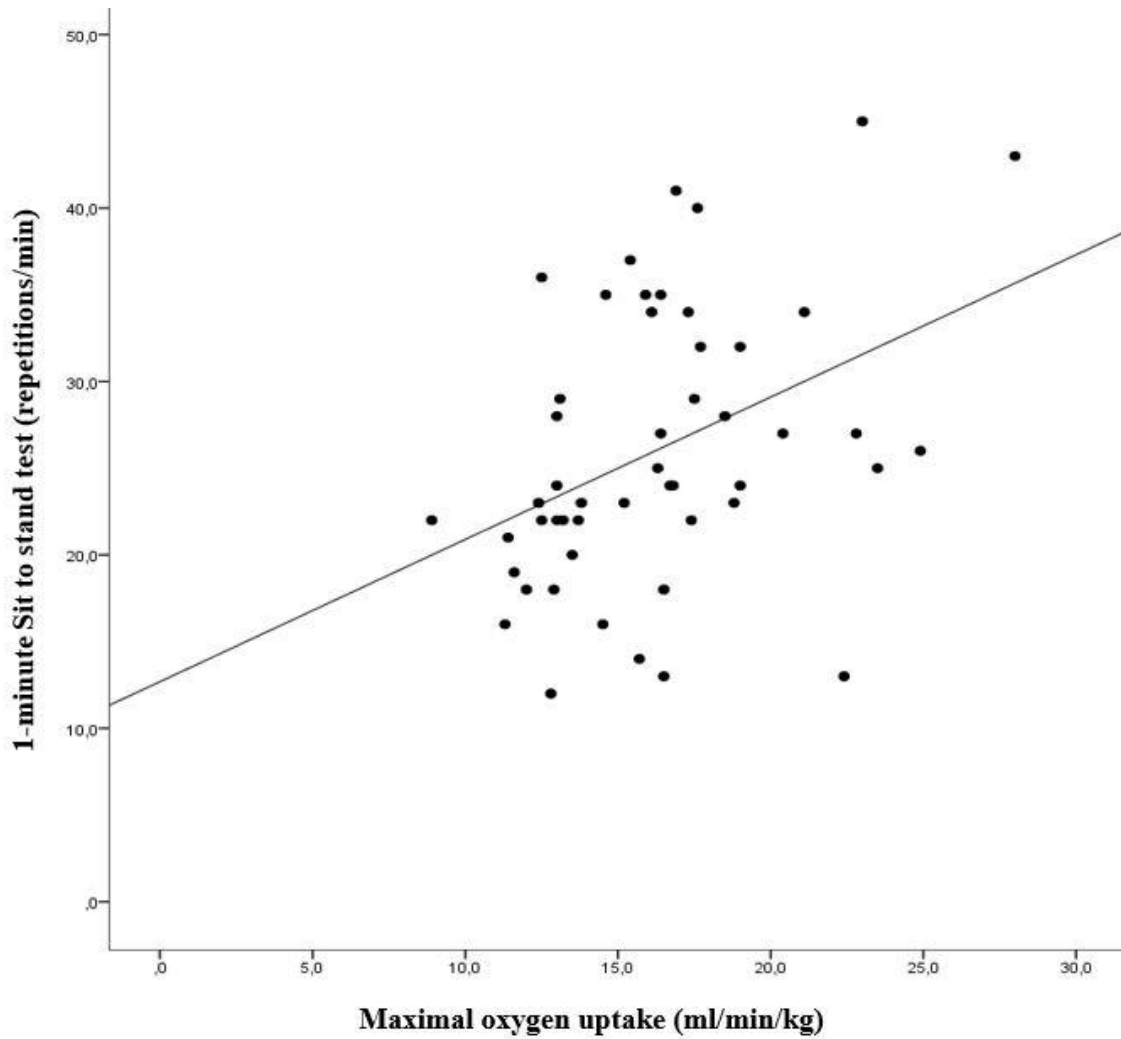


Figure 8 - La relation entre la consommation maximale d'oxygène ($V'O_2max$) mesurée pendant le test d'effort et les répétitions au test de lever de chaise d'une minute (1MSTS) par niveau de capacité d'exercice (modélisation de régression linéaire)

Légende : Coefficient de corrélation de Pearson pour tous les échantillons : ($r = 0,401$ IC 95% [0,114-0,625]) formule de corrélation : ($y = 12,69 + 0,82 x$) avec y = répétitions 1MSTS et $x = V'O_2max$ (Pour des capacités normales à l'exercice : ($r = 0,027$ - IC 95 % [0,348-0,460]) et pour des capacités réduites à l'exercice ($r = 0,569$ - IC 95 % [0,194-0,792]).

DISCUSSION

L'étude a décrit une corrélation modérée entre les résultats du 1MSTS et V'O₂max chez les patients souffrant de maladies chroniques et devant bénéficier d'APA. En effet, il n'a pas été possible de déterminer les capacités à l'exercice avec le 1MSTS. Le test 1MSTS a été développé en 2002 pour évaluer les capacités à l'effort aérobie de patients atteints de maladies chroniques [73]. Il s'est avéré être une bonne alternative au test de marche en six minutes (TM6) qui, contrairement au 1MSTS, nécessite un couloir d'au moins 30 m de long pour une évaluation efficace [77,78].

Cette étude a révélé une corrélation modérée entre V'O₂max et 1MSTS chez notre échantillon, les résultats sont particulièrement renforcés pour les patients ayant des capacités d'exercice plus faibles (Figure 1). Nos résultats utilisant la valeur absolue de répétitions au 1MSTS contrastent avec l'étude réalisée par Nakamura et al. qui avait mis en évidence une corrélation importante entre la V'O₂max et 1MSTS sous forme d'intervalles d'un pas de 5 répétitions ($r = 0,94$) [79]. En effet, l'étude Nakamura a été réalisée sur une population de 10 jeunes patients non obèses (âge moyen : 22,3 (2,2) ans et IMC moyen 22,5 (4,1) kg/m²). A ce jour, aucune étude n'a été réalisée sur une population équivalente à celle de notre étude. Cependant, des analyses faites sur une population similaire à l'aide du TM6 montrent une corrélation positive d'un ordre de grandeur similaire [0,42 - 0,58] [50,51].

Chez les sportifs de haut niveau, il a été démontré que la V'O₂max seule ne peut expliquer la performance [80]. Une corrélation inverse et modérée a été trouvée entre la V'O₂max et le délai d'épuisement ($r = -0,63$) [80]. En effet, l'influence des techniques sportives et de l'état mental influencent grandement la performance

sportive [81–83]. En revanche, dans notre population de patients souffrant d'une maladie chronique, la VO₂max reflète fidèlement les capacités d'exercice.

La première publication faisant référence au test de lever de chaise visait uniquement à évaluer la capacité des muscles extenseurs des membres inférieurs [72]. Le test initial consistait à enregistrer dix fois le temps mis pour se lever et s'asseoir d'une chaise standard. En 2002, Koufaki et al. ont standardisé la durée de ce test à 1 minute en comptant le nombre de répétitions nécessaires pour définir les capacités aérobies musculaires des patients atteints de maladies respiratoires ou chroniques [56,73,77,78]. Cependant, le 1MSTS présente des limites chez les patients jeunes ou chez les patients n'ayant pas de contraintes fonctionnelles car il refléterait la force des muscles inférieurs et non la capacité aérobie globale [56,76,84–86]. En effet, une forte corrélation est observée ($r = 0,8$) chez les sujets sains sans maladie chronique, âgés de 55 à 70 ans, alors que l'association est plus faible chez les patients présentant une Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive ($r = 0,50$). C'est probablement la raison de la corrélation modérée observée dans notre échantillon de patients ayant des capacités peu limitées ou normales.

Cette étude a pour limite la taille de l'échantillon de seulement 50 patients issus d'un seul centre hospitalier, ce qui empêche toute généralisation des résultats. De plus, l'inclusion de nombreux participants obèses limite l'exploration en sous-groupe de différentes pathologies chroniques. La principale force de cette étude est l'utilisation de la V'O₂max comme gold standard pour évaluer les capacités fonctionnelles des

patients. Il intègre également toutes les nouvelles recommandations émises par le ministère des affaires sociales et de la santé.

En conclusion, cette étude a observé une relation modérée entre les résultats du 1MSTS et la V'O₂max ainsi que la limite de ce test à détecter les capacités physiologiques aérobies à l'effort des patients atteints de maladies chroniques.

Cependant, ce test peut présenter un intérêt pour caractériser une évolution des capacités du patient pratiquant une activité physique adaptée. Une analyse sur une population plus importante et hétérogène ainsi que des études longitudinales seront nécessaires pour approfondir les résultats de l'étude, et ainsi ouvrir la voie à la mise en œuvre de nouveaux programmes d'évaluation de l'exercice pour les patients atteints de maladies chroniques nécessitant une APA.

Troisième section : perspectives & conclusion

La première étude a permis de mettre en évidence que le niveau de pratique d'une activité physique adaptée moyen était modéré et que les 15 minutes les plus intensives étaient d'un niveau élevé. Les études deux et trois n'ont pas permis de mettre en évidence une très bonne relation entre les tests environnementaux (test de 6 minutes de marche et test de la lever de chaise) et les capacités fonctionnelles à l'effort (VO₂max) évaluées chez des patients atteints de pathologies chroniques et nécessitant la prescription d'une APA. Les résultats de ce programme de recherche amènent ainsi à discuter la pertinence de ces tests environnementaux dans le bilan initial en vue de la dispensation de l'APA.

Impact et prise en charge thérapeutique

Les recommandations HAS et des sociétés savantes ont pour l'ensemble établi le bilan d'évaluation avant mise en place de l'APA en fonction de l'intensité de l'activité physique réalisée. La principale préoccupation du médecin étant de proposer un changement à long terme des comportements de vie en promouvant l'activité physique en toute sécurité, il est indispensable de bien préciser les capacités physiques du patient et de lui proposer un programme qui exclut un risque médical important à la pratique. Mais aussi, il semble indispensable d'avoir une évaluation précise de l'intensité de l'APA durant sa réalisation. En l'absence de cette évaluation réaliste, il ne peut être exclu un risque pour une personne pratiquant cette activité en prévention secondaire de sa pathologie chronique. En outre, les patients présentant une pathologie chronique ont dans leur grande majorité des capacités physiologiques limitées empêchant toute transposition de référentiels construits autour de personnes aux capacités normales. En effet, l'intensité d'une activité

physique s'entend en fonction du retentissement sur l'individu, or ceux présentant une pathologie chronique ont un large spectre de capacité à l'effort influencé par la pathologie en elle-même, rendant complexe toute généralisation inter-patient mais également intra-patient en cas d'évolution de la présente maladie chronique.

Toute la difficulté de la prise en charge des patients présentant une pathologie chronique est donc dans la diversité de cette dernière en termes de stade d'évolution et de niveau de retentissement sur la personne et sa qualité de vie. En conséquence, cette hétérogénéité de capacités met au centre des préoccupations médicales la notion d'adaptation de l'activité physique aux capacités physiques du patient. Il en découle l'importance et l'urgence de mettre en place des outils de pilotage à partir d'éléments Spécifiques, Mesurables, Acceptables, Réalistes et Temporellement définis.

En l'absence de ces éléments, la mise en place de l'APA pourrait même aboutir à une perte de chance pour le patient voire même à une mise en danger lors de la pratique.

Méthode d'évaluation des capacités physiques du patient

L'évaluation des capacités physiologiques au repos et à l'effort des patients présentant une pathologie chronique peut être définie sous deux formes :

- 1 – L'évaluation initiale visant à identifier les contre-indications, les risques et définir les objectifs et modalités de prise en charge.
- 2 – L'évaluation continue visant à faire évoluer la prise en charge APA (au travers de la fréquence, l'intensité, le type, la durée, le volume et la progressivité [FITT-VP]).

Dans le premier cas, l'étalon or reste encore à ce jour l'épreuve d'effort maximale avec détermination de la consommation maximale de dioxygène (VO₂max). Bien que cet examen soit recommandé uniquement dans le cas d'une activité d'intensité élevée, notre travail a mis en évidence que l'intensité d'une APA souhaitée modérée et réalisée par des praticiens expérimentés, pouvaient avoir une période non négligeable à un niveau d'intensité élevée (25% de la séance, cf article 1). En toute logique, il serait donc recommandé de réaliser une épreuve d'effort maximal à tout patient devant bénéficier d'APA et ayant un facteur de risque cardiovasculaire par principe de précaution dans l'éventualité d'un passage à une activité d'un niveau élevé. Toutefois cela ne semble pas envisageable pour 3 principales raisons : (1) le risque encouru par le patient dans la réalisation de ce test d'effort maximal qui peut exposer au décès par faillite cardiorespiratoire chez les sujets fragiles [87]; (2) la complexification de la prescription médicales nécessitant alors la consultation d'un médecin spécialisé pour la réalisation de cet examen ; (3) l'accès parfois difficile à un plateau d'exploration fonctionnelle à l'effort ; (4) le coût financier de cet examen systématique que cela représenterait à l'échelle nationale.

Les tests environnementaux recommandés par l'HAS étaient potentiellement la bonne alternative aux 4 points précédents, toutefois leurs faibles relations avec la VO₂max en font des éléments peu discriminants et dont l'utilité doit donc être rediscutée dans ce contexte particulier.

Dans le second cas, en dehors de l'observance et quelques tests environnementaux associés à des questionnaires PRO (*patient-reported outcome*), peu, pour ne pas dire aucun indicateur physiologique n'est utilisé pour quantifier l'évolution continue du patient dans sa prise en charge APA. La fréquence cardiaque, directement associée

de manière proportionnelle à la VO₂max pourrait être une bonne candidate au pilotage physiologique des séances APA. Au travers de sa facilité d'accès par plusieurs techniques de mesures en conditions écologiques et en vie réelle (smartphone, montre, ceinture connectée), ce signal physiologique permettrait un « monitoring » continu des séances. Ainsi l'avènement de l'Internet des Objets (IoT) et des Dispositifs médicaux connectés pourrait être une opportunité pour le développement de programme APA à grande échelle.

En conclusion, l'activité physique et plus particulièrement la lutte contre la sédentarité est désormais une priorité de santé publique. La promotion de l'activité physique à des fins de santé aux échelles mondiale et nationale, au travers des recommandations de l'OMS ou la loi n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de Modernisation de notre système de santé est un premier pas essentiel pour relever ce défi de santé publique.

D'un point de vue pratique, ce travail de meilleure caractérisation d'une séance ou d'un programme d'APA permet d'esquisser tout un champ nosologique dans la lutte contre la sédentarité. Tout le cadre pratique de prise en charge par un programme personnalisé d'APA reste à construire afin de pouvoir en délimiter ses propres contours et le distinguer d'une prise en charge rééducative visant une récupération de fonction sur un temps défini. En effet, la sortie de la sédentarité pour un mode de vie plus actif est une entreprise relevant d'un changement profond des habitudes requérant une approche holistique en condition écologique de l'individu au-delà du patient.

Index tableaux et figures

Tableau 1- Relation entre le temps passé à des comportements sédentaires et effets sur la santé [6]	18
Tableau 2- Balance bénéfice risque de la pratique d'une activité physique	19
Tableau 3- Classification du risque cardio-vasculaire modifiée, d'après l'European Society of Cardiology, 2016	25
Tableau 4- Contre-indications et limitations cardio-vasculaires, respiratoires et métaboliques à l'activité physique	28
Tableau 5 - Récapitulatif des recommandations pour EE avant un programme d'activité physique d'intensité élevée > 6 METs	29
Tableau 6 - Caractéristiques démographiques et cliniques (n=75)	42
Tableau 7 - Fréquence cardiaque et intensité de l'effort recueilli durant la séance d'activité physique adaptée du patient	43
Tableau 8- Caractéristiques démographiques et cliniques (n=156)	55
Tableau 9- Caractéristiques des 6 patients dépassant la limite supérieure de concordance entre la consommation maximale d'oxygène (V'O2max) et la distance du test de marche de 6 minutes (TM6) au test de Bland et Altman	58
Tableau 10 - Caractéristiques des 4 patients dépassant la limite inférieure de concordance entre la consommation maximale d'oxygène (V'O2max) et la distance du test de marche sur 6 minutes (TM6) au test de Bland et Altman	59
Tableau 11 - Caractéristiques démographiques et cliniques (n=50)	70

Figure 1- Définitions essentielles d'après l'Observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité	10
Figure 2- Évolution séculaire de l'activité physique quotidienne des Français d'après IRMES	14
Figure 3- Relation entre le volume d'activité physique et de bénéfices pour la santé, en fonction du niveau d'Activité Physique habituel.	17
Figure 4- Pyramide des âges des personnes bénéficiant d'une prise en charge pour ALD en 2015...	21
Figure 5 - Taux de prévalence des ALD par département en des ALD* par département en 2017 (pour 100 000 personnes protégées du régime général)	22
Figure 6- Modèle écologique des facteurs influençant l'activité physique et les comportements sédentaires (d'après Booth)	26
Figure 7- Graphique de Bland et Altman traitant la concordance entre la consommation maximale d'oxygène (V'O2max) et la distance du test de marche de 6 minutes (TM6)	57
Figure 8 - La relation entre la consommation maximale d'oxygène (V'O2max) mesurée pendant le test d'effort et les répétitions au test de lever de chaise d'une minute (1MSTS) par niveau de capacité d'exercice (modélisation de régression linéaire)	71

Annexes

Annexe 1 - Les bénéfices de l'activité physique pour la santé [6,10,88]

Les variables de santé	Les effets de l'Activité Physique
Adultes de tous âges	
Toutes causes de mortalité	Diminution du risque, avec relation dose-réponse
Pathologies cardio-métaboliques	Diminution de l'incidence et de la mortalité des pathologies cardio-vasculaires (dont les maladies coronariennes et les AVC), avec relation dose-réponse
Prévention des cancers	Diminution de l'incidence du cancer pour : - le cancer du sein, avec relation dose-réponse ; - le cancer du côlon, avec relation dose-réponse ; - le cancer de l'endomètre, avec relation dose-réponse ; - l'adénocarcinome de l'oesophage ; - le cancer du poumon (discuté).
Santé mentale	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la qualité de vie Amélioration du sommeil Réduction des signes d'anxiété et de dépression chez les personnes en bonne santé Réduction du risque de démence Réduction du risque de dépression
Statut pondéral	Réduction du risque de prise de poids excessive Prévention de la reprise de poids après un amaigrissement initial Limitation de la perte de masse musculaire lors d'une perte de poids Effet additif sur la perte de poids possible quand elle est combinée à une restriction alimentaire modérée (effet faible) Réduction de l'obésité abdominale
Adultes âgés	
Chutes	Réduction du risque de chutes Réduction du risque de chutes avec une lésion sévère
États cognitif et fonctionnel	Amélioration des capacités fonctionnelles et de l'autonomie Amélioration de la qualité de vie Réduction des symptômes d'anxiété et de dépression Diminution du risque de démence
Femmes enceintes ou en post-partum	
Durant la grossesse	Réduction du risque de prise de poids excessif Réduction du risque de diabète gestationnel (Pas de risque pour le fœtus avec une activité physique d'intensité modérée)
Durant le <i>post-partum</i>	Réduction du risque de dépression du <i>post-partum</i>

Individus avec une pathologie préexistante	
Cancer du sein	Réduction de la mortalité toutes causes confondues, avec relation dose-réponse Réduction de la mortalité par cancer du sein, avec relation dose-réponse Réduction de la récurrence du cancer du sein Réduction de la fatigue, amélioration de la tolérance aux traitements et de la qualité de vie
Cancer colorectal	Réduction de la mortalité toutes causes confondues, avec relation dose-réponse Réduction de la mortalité par cancer colorectal, avec relation dose-réponse Réduction de la récurrence du cancer du colorectal Réduction de la fatigue, amélioration de la tolérance aux traitements et de la qualité de vie
Cancer de la prostate (non métastatique)	Réduction de la mortalité toutes causes confondues Réduction de la mortalité par cancer de la prostate Réduction de la récurrence du cancer de la prostate Réduction de la fatigue, amélioration de la tolérance aux traitements et de la qualité de vie (Réduction de la sarcopénie, chez les patients avec un cancer métastasé sous blocage androgénique)
Arthrose (de la hanche et du genou)	Diminution de la douleur Amélioration fonctionnelle Amélioration de la qualité de vie
Fracture récente de la hanche	Amélioration de la marche, de l'équilibre et des activités de la vie quotidienne
Hypertension artérielle	Réduction du risque de progression de la maladie cardio-vasculaire Réduction du risque d'augmentation de la pression artérielle avec le temps
Diabète de type 2	Réduction du risque de mortalité toutes causes confondues, en population générale, incluant les diabètes de type 2 Réduction du risque de mortalité cardio-vasculaire Amélioration des marqueurs de progression de la maladie : HbA1C, pression artérielle et du profil lipidique Réduction du périmètre abdominal, limitation de la perte de masse musculaire
Pathologies respiratoires chroniques (22)	Amélioration des capacités d'exercice et de la qualité de vie Amélioration de la dyspnée et de la tolérance à l'effort Diminution de l'anxiété et de la peur d'augmenter son niveau d'AP Meilleur contrôle des symptômes de la BPCO et de l'asthme (Pas de changement de la fonction pulmonaire chez l'adulte)
Sclérose en plaque	Amélioration de la marche, de la force musculaire et de la condition physique
Lésion de la moelle épinière	Amélioration de la marche, des capacités en fauteuil roulant
Maladie de parkinson	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la marche, de la force musculaire et de l'équilibre
AVC	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la marche
Dépression et pathologie anxieuse	Réduction des signes d'anxiété et de dépression chez les patients avec une pathologie anxieuse ou une dépression clinique, avec relation dose-réponse
Démence	Amélioration des fonctions cognitives
Schizophrénie	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la qualité de vie
Troubles de l'hyperactivité, déficit de l'attention	Amélioration des fonctions cognitives

Annexe 2 - Les domaines d'intervention préférentiels des différents métiers de l'activité physique [6]

	Aucune limitation	Limitation minimale	Limitation modérée	Limitation sévère
Masseurs kinésithérapeutes	+/-	+	++	+++
Ergothérapeutes et psychomotriciens (dans leurs champs de compétences respectifs)	(si besoin déterminé)	(si besoin déterminé)	++	+++
Enseignants en APA	+/-	++	+++	++
Éducateurs sportifs	+++	+++	+	non concernés
Titulaires d'un titre à finalité professionnelle ou d'un certificat de qualification professionnelle inscrit sur l'arrêté interministériel	+++	++	+ ¹	non concernés
Titulaires d'un diplôme fédéral inscrit sur l'arrêté interministériel	+++	++	+ ¹	non concernés

¹ : concernés à condition d'intervenir dans un cadre pluridisciplinaire

Références

- 1 Loi n°2016-41, art. L. 144 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé (J.O. 27 janvier 2016).
- 2 Haut conseil de la santé publique. La prise en charge et la protection sociale des personnes atteintes de maladie chronique. 2009.
- 3 Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary." *Exerc Sport Sci Rev* 2008;**36**:173–8. doi:10.1097/JES.0b013e3181877d1a
- 4 Ding D, Lawson KD, Kolbe-Alexander TL, *et al.* The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *The Lancet* 2016;**388**:1311–24. doi:10.1016/S0140-6736(16)30383-X
- 5 Stratégie nationale sport santé 2019-2024. ministère des solidarités et de la santé, ministère des sports 2019.
- 6 Haute Autorité de Santé. Guide de promotion, consultation et prescription médicale d'activité physique et sportive pour la santé chez les adultes. 2019.
- 7 World Health Organization (WHO). Activité physique. 2020.<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- 8 World Health Organization (WHO). La sédentarité, une cause majeure de maladies et d'incapacités. 2002.<https://apps.who.int/mediacentre/news/releases/release23/fr/index.html>
- 9 U.S. Department of Health and Human Services. 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report Washington (DC). 2018;:779.
- 10 American College of Sports Medicine, Riebe D, Ehrman JK, *et al.*, editors. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Tenth edition. Philadelphia: : Wolters Kluwer 2018.
- 11 (Expertise collective). *Inserm (dir.). Activité physique : contextes et effets sur la santé. Rapport*. Les éditions Inserm. Paris: 2008. <http://hdl.handle.net/10608/97>

- 12 Observatoire National de l'Activité Physique et de la Sédentarité (ONAPS). L'activité physique sur prescription en France. Etat des lieux en 2019. 2020. <https://onaps.fr/lactivite-physique-sur-prescription-en-france-etat-des-lieux-2019/>
- 13 Observatoire National de l'Activité Physique et de la Sédentarité (ONAPS). Sport santé sur ordonnance. 2017. <https://onaps.fr/rapport-sport-sante-sur-ordonnance-contexte-et-exemples-de-mise-en-oeuvre/>
- 14 Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, *et al.* 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *Eur Heart J* 2016;**37**:2315–81. doi:10.1093/eurheartj/ehw106
- 15 Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, *et al.* Role of Inactivity in Chronic Diseases: Evolutionary Insight and Pathophysiological Mechanisms. *Physiological Reviews* 2017;**97**:1351–402. doi:10.1152/physrev.00019.2016
- 16 Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, *et al.* Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* 2012;**380**:219–29. doi:10.1016/S0140-6736(12)61031-9
- 17 Wen CP, Wai JPM, Tsai MK, *et al.* Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *The Lancet* 2011;**378**:1244–53. doi:10.1016/S0140-6736(11)60749-6
- 18 Lear SA, Hu W, Rangarajan S, *et al.* The effect of physical activity on mortality and cardiovascular disease in 130 000 people from 17 high-income, middle-income, and low-income countries: the PURE study. *Lancet* 2017;**390**:2643–54. doi:10.1016/S0140-6736(17)31634-3

- 19 on behalf of SBRN Terminology Consensus Project Participants, Tremblay MS, Aubert S, *et al.* Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2017;**14**:75. doi:10.1186/s12966-017-0525-8
- 20 Wilmot EG, Edwardson CL, Achana FA, *et al.* Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia* 2012;**55**:2895–905. doi:10.1007/s00125-012-2677-z
- 21 Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, *et al.* Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet* 2016;**388**:1302–10. doi:10.1016/S0140-6736(16)30370-1
- 22 Stamatakis E, Gale J, Bauman A, *et al.* Sitting Time, Physical Activity, and Risk of Mortality in Adults. *Journal of the American College of Cardiology* 2019;**73**:2062–72. doi:10.1016/j.jacc.2019.02.031
- 23 World Health Organization. *Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world*. Geneva: : World Health Organization 2018. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272722>
- 24 World Health Organization. *Diet And Physical Activity: A Public Health Priority*. Geneva: : World Health Organization 2004. http://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_english_web.pdf.
- 25 World Health Organization. *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance*. Geneva: : World Health Organization 2020. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272722>

- 26 Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, *et al.* Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011;**43**:1334–59. doi:10.1249/MSS.0b013e318213fefb
- 27 Lobelo F, Stoutenberg M, Hutber A. The Exercise is Medicine Global Health Initiative: a 2014 update. *Br J Sports Med* 2014;**48**:1627–33. doi:10.1136/bjsports-2013-093080
- 28 Sallis R. Exercise is medicine: a call to action for physicians to assess and prescribe exercise. *The Physician and Sportsmedicine* 2015;**43**:22–6. doi:10.1080/00913847.2015.1001938
- 29 Rivière D. [Medical prescription of physical activity]. *Rev Prat* 2020;**70**:279–85.
- 30 Hutzler Y, Sherrill C. Defining Adapted Physical Activity: International Perspectives. *Adapted Physical Activity Quarterly* 2007;**24**:1–20. doi:10.1123/apaq.24.1.1
- 31 Hutzler YS. Evidence-based practice and research: a challenge to the development of adapted physical activity. *Adapt Phys Activ Q* 2011;**28**:189–209. doi:10.1123/apaq.28.3.189
- 32 Haseler C, Crooke R, Haseler T. Promoting physical activity to patients. *BMJ* 2019;:l5230. doi:10.1136/bmj.l5230
- 33 American Thoracic Society, American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;**167**:211–77. doi:10.1164/rccm.167.2.211
- 34 Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports* 2015;**25**:1–72. doi:10.1111/sms.12581
- 35 Carré F. Cardiopulmonary exercise test for cardiologists. *La Lettre du Cardiologue* 2016;:22.

- 36 Shvartz E, Reibold RC. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat Space Environ Med* 1990;**61**:3–11.
- 37 Radtke T, Crook S, Kaltsakas G, *et al.* ERS statement on standardisation of cardiopulmonary exercise testing in chronic lung diseases. *Eur Respir Rev* 2019;**28**:180101. doi:10.1183/16000617.0101-2018
- 38 Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies. *European Respiratory Journal* 1997;**10**:2662–89. doi:10.1183/09031936.97.10112662
- 39 Fox SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res* 1971;**3**:404–32.
- 40 Metz L, Thivel D, Peirrerera B, *et al.* A new equation based on the 6-min walking test to predict VO_{2peak} in women with obesity. *Disability and Rehabilitation* 2018;**40**:1702–7. doi:10.1080/09638288.2017.1304582
- 41 Eijsvogels TMH, Molossi S, Lee D, *et al.* Exercise at the Extremes. *Journal of the American College of Cardiology* 2016;**67**:316–29. doi:10.1016/j.jacc.2015.11.034
- 42 Onerup A, Arvidsson D, Blomqvist Å, *et al.* Physical activity on prescription in accordance with the Swedish model increases physical activity: a systematic review. *Br J Sports Med* 2019;**53**:383–8. doi:10.1136/bjsports-2018-099598
- 43 Arsenijevic J, Groot W. Physical activity on prescription schemes (PARS): do programme characteristics influence effectiveness? Results of a systematic review and meta-analyses. *BMJ Open* 2017;**7**:e012156. doi:10.1136/bmjopen-2016-012156
- 44 Ekelund U, Tarp J, Steene-Johannessen J, *et al.* Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. *BMJ* 2019;:l4570. doi:10.1136/bmj.l4570

- 45 Hurley BF, Roth SM. Strength Training in the Elderly: Effects on Risk Factors for Age-Related Diseases. *Sports Medicine* 2000;**30**:249–68. doi:10.2165/00007256-200030040-00002
- 46 Karlsson MK, Vonschewelov T, Karlsson C, *et al.* Prevention of falls in the elderly: A review. *Scand J Public Health* 2013;**41**:442–54. doi:10.1177/1403494813483215
- 47 Saeidifard F, Medina-Inojosa JR, West CP, *et al.* The association of resistance training with mortality: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2019;**26**:1647–65. doi:10.1177/2047487319850718
- 48 Mueller S, Winzer EB, Duvinage A, *et al.* Effect of High-Intensity Interval Training, Moderate Continuous Training, or Guideline-Based Physical Activity Advice on Peak Oxygen Consumption in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2021;**325**:542–51. doi:10.1001/jama.2020.26812
- 49 Blair SN, Kohl HW, Gordon NF, *et al.* How much physical activity is good for health? *Annu Rev Public Health* 1992;**13**:99–126. doi:10.1146/annurev.pu.13.050192.000531
- 50 Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ, *et al.* The Six-Minute Walk Test Predicts Peak Oxygen Uptake and Survival in Patients With Advanced Heart Failure. *Chest* 1996;**110**:325–32. doi:10.1378/chest.110.2.325
- 51 Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ, *et al.* The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *CAN MED ASSOC J* 1985;**132**:5.
- 52 Bennell K, Dobson F, Hinman R. Measures of physical performance assessments: Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Chair Stand Test (CST), Timed Up & Go (TUG), Sock Test, Lift and Carry Test (LCT), and Car Task. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011;**63 Suppl 11**:S350-370. doi:10.1002/acr.20538

- 53 Agarwala P, Salzman SH. Six-Minute Walk Test: Clinical Role, Technique, Coding, and Reimbursement. *Chest* 2020;**157**:603–11. doi:10.1016/j.chest.2019.10.014
- 54 ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;**166**:111–7. doi:10.1164/ajrccm.166.1.at1102
- 55 Hulens M, Vansant G, Claessens AL, *et al.* Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. *Scand J Med Sci Sports* 2003;**13**:98–105. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.10273.x
- 56 Bohannon RW, Crouch R. 1-Minute Sit-to-Stand Test: SYSTEMATIC REVIEW OF PROCEDURES, PERFORMANCE, AND CLINIMETRIC PROPERTIES. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 2019;**39**:2–8. doi:10.1097/HCR.0000000000000336
- 57 But-Hadzic J, Dervisevic M, Karpljuk D, *et al.* Six-Minute Walk Distance in Breast Cancer Survivors—A Systematic Review with Meta-Analysis. *IJERPH* 2021;**18**:2591. doi:10.3390/ijerph18052591
- 58 Bartels B, de Groot JF, Terwee CB. The six-minute walk test in chronic pediatric conditions: a systematic review of measurement properties. *Phys Ther* 2013;**93**:529–41. doi:10.2522/ptj.20120210
- 59 Mylius CF, Paap D, Takken T. Reference value for the 6-minute walk test in children and adolescents: a systematic review. *Expert Rev Respir Med* 2016;**10**:1335–52. doi:10.1080/17476348.2016.1258305
- 60 Brown AW, Nathan SD. The Value and Application of the 6-Minute-Walk Test in Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *Ann Am Thorac Soc* 2018;**15**:3–10. doi:10.1513/AnnalsATS.201703-244FR
- 61 Du H, Wonggom P, Tongpeth J, *et al.* Six-Minute Walk Test for Assessing Physical Functional Capacity in Chronic Heart Failure. *Curr Heart Fail Rep* 2017;**14**:158–66. doi:10.1007/s11897-017-0330-3

- 62 Giannitsi S, Bougiakli M, Bechlioulis A, *et al.* 6-minute walking test: a useful tool in the management of heart failure patients. *Ther Adv Cardiovasc Dis* 2019;**13**:1753944719870084. doi:10.1177/1753944719870084
- 63 Janaudis-Ferreira T, Sundelin G, Wadell K. Comparison of the 6-minute walk distance test performed on a non-motorised treadmill and in a corridor in healthy elderly subjects. *Physiotherapy* 2010;**96**:234–9. doi:10.1016/j.physio.2009.11.015
- 64 Li AM, Yin J, Au JT, *et al.* Standard reference for the six-minute-walk test in healthy children aged 7 to 16 years. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;**176**:174–80. doi:10.1164/rccm.200607-883OC
- 65 Radtke T, Vogiatzis I, Urquhart DS, *et al.* Standardisation of cardiopulmonary exercise testing in chronic lung diseases: summary of key findings from the ERS task force. *Eur Respir J* 2019;**54**:1901441. doi:10.1183/13993003.01441-2019
- 66 Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg* 2018;**126**:1763–8. doi:10.1213/ANE.0000000000002864
- 67 Cote CG, Pinto-Plata V, Kasprzyk K, *et al.* The 6-Min Walk Distance, Peak Oxygen Uptake, and Mortality in COPD. *Chest* 2007;**132**:1778–85. doi:10.1378/chest.07-2050
- 68 Burr JF, Bredin SSD, Faktor MD, *et al.* The 6-Minute Walk Test as a Predictor of Objectively Measured Aerobic Fitness in Healthy Working-Aged Adults. *The Physician and Sportsmedicine* 2011;**39**:133–9. doi:10.3810/psm.2011.05.1904
- 69 Ritt LEF, Darzé ES, Feitosa GF, *et al.* The Six-Minute Step Test as a Predictor of Functional Capacity according to Peak VO₂ in Cardiac Patients. *Arq Bras Cardiol* 2021;**116**:889–95. doi:10.36660/abc.20190624

- 70 Chae G, Ko EJ, Lee SW, *et al.* Stronger correlation of peak oxygen uptake with distance of incremental shuttle walk test than 6-min walk test in patients with COPD: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pulm Med* 2022;**22**:102. doi:10.1186/s12890-022-01897-0
- 71 Rapp D, Scharhag J, Wagenpfeil S, *et al.* Reference values for peak oxygen uptake: cross-sectional analysis of cycle ergometry-based cardiopulmonary exercise tests of 10 090 adult German volunteers from the Prevention First Registry. *BMJ Open* 2018;**8**:e018697. doi:10.1136/bmjopen-2017-018697
- 72 Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *The American Journal of Medicine* 1985;**78**:77–81. doi:10.1016/0002-9343(85)90465-6
- 73 Koufaki P, Mercer TH, Naish PF. Effects of exercise training on aerobic and functional capacity of end-stage renal disease patients: Exercise training responses in ESRD. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 2002;**22**:115–24. doi:10.1046/j.1365-2281.2002.00405.x
- 74 Simonelli C, Paneroni M, Vitacca M, *et al.* Measures of physical performance in COVID-19 patients: a mapping review. *Pulmonology* 2021;**27**:518–28. doi:10.1016/j.pulmoe.2021.06.005
- 75 Painter P, Carlson L, Carey S, *et al.* Physical functioning and health-related quality-of-life changes with exercise training in hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases* 2000;**35**:482–92. doi:10.1016/S0272-6386(00)70202-2
- 76 Vaidya T, de Bisschop C, Beaumont M, *et al.* Is the 1-minute sit-to-stand test a good tool for the evaluation of the impact of pulmonary rehabilitation? Determination of the minimal important difference in COPD. *COPD* 2016;**Volume 11**:2609–16. doi:10.2147/COPD.S115439
- 77 Ozalevli S, Ozden A, Itil O, *et al.* Comparison of the Sit-to-Stand Test with 6min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Medicine* 2007;**101**:286–93. doi:10.1016/j.rmed.2006.05.007

- 78 Puhan MA, Siebeling L, Zoller M, *et al.* Simple functional performance tests and mortality in COPD. *Eur Respir J* 2013;**42**:956–63. doi:10.1183/09031936.00131612
- 79 Nakamura K, Ohira M, Yokokawa Y. The Effect of Different Standing up Frequencies in Sit-to-stand Exercise on Oxygen Uptake. *J Phys Ther Sci* 2014;**26**:1631–3. doi:10.1589/jpts.26.1631
- 80 Hagan RD, Smith MG, Gettman LR. Marathon performance in relation to maximal aerobic power and training indices. *Med Sci Sports Exerc* 1981;**13**:185–9.
- 81 Delignières D. Émotion et performance sportive. *insep* 1998;**22**:107–19. doi:10.3406/insep.1998.1400
- 82 Proença Lopes C, Allado E, Poussel M, *et al.* An Association between Alexithymia and the Characteristics of Sport Practice: A Multicenter, Cross-Sectional Study. *Healthcare* 2022;**10**:432. doi:10.3390/healthcare10030432
- 83 Pageaux B, Lepers R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. In: *Progress in Brain Research*. Elsevier 2018. 291–315. doi:10.1016/bs.pbr.2018.10.004
- 84 Ritchie C, Trost S, Brown W, *et al.* Reliability and validity of physical fitness field tests for adults aged 55 to 70 years. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2005;**8**:61–70. doi:10.1016/S1440-2440(05)80025-8
- 85 Rausch-Osthoff A-K, Kohler M, Sievi NA, *et al.* Association between peripheral muscle strength, exercise performance, and physical activity in daily life in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2014;:7.
- 86 Zanini A, Aiello M, Cherubino F, *et al.* The one repetition maximum test and the sit-to-stand test in the assessment of a specific pulmonary rehabilitation program on peripheral muscle strength in COPD patients. *COPD* 2015;:2423. doi:10.2147/COPD.S91176

- 87 Fredman CS, Parsons SR, Aquino TI, *et al.* Sudden death after a stress test in a patient with a large pericardial cyst. *American Heart Journal* 1994;**127**:946–50. doi:10.1016/0002-8703(94)90572-X
- 88 Institut National du Cancer (INCa). Bénéfices de l'activité physique pendant et après cancer - Des connaissances aux repères pratiques. 2017. <https://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Benefices-de-l-activite-physique-pendant-et-apres-cancer-Des-connaissances-aux-reperes-pratiques>



Physical Activity Capacity Assessment of Patients With Chronic Disease and the 1-Minute Sit to Stand Test: Is There an Interest?

OPEN ACCESS

Edited by:

Daniel Cuthbertson,
University of Liverpool,
United Kingdom

Reviewed by:

Andrea Ermolao,
University of Padua, Italy
Roger Hilfiker,
HES-SO Valais-Wallis, Switzerland

*Correspondence:

Edem Allado
e.allado@chru-nancy.fr

†ORCID:

Edem Allado
orcid.org/0000-0002-1760-6979
Mathias Poussel
orcid.org/0000-0002-4386-8606
Eliane Albuissou
orcid.org/0000-0002-1490-7549
Jean Paysant
orcid.org/0000-0002-0809-8239
Gerôme Gauchard
orcid.org/0000-0002-2489-9343
Bruno Chenuel
orcid.org/0000-0001-6619-6577

Specialty section:

This article was submitted to
Physical Activity in the Prevention and
Management of Disease,
a section of the journal
Frontiers in Sports and Active Living

Received: 20 December 2021

Accepted: 11 February 2022

Published: 17 March 2022

Citation:

Allado E, Poussel M, Albuissou E,
Paysant J, Temperelli M, Hily O,
Moussu A, Benhajji N, Gauchard G
and Chenuel B (2022) Physical Activity
Capacity Assessment of Patients With
Chronic Disease and the 1-Minute Sit
to Stand Test: Is There an Interest?
Front. Sports Act. Living 4:839509.
doi: 10.3389/fspor.2022.839509

Edem Allado^{1,2,3*†}, Mathias Poussel^{1,2†}, Eliane Albuissou^{4,5,6†}, Jean Paysant^{2,7†},
Margaux Temperelli¹, Oriane Hily¹, Anthony Moussu^{1,3}, Noura Benhajji^{3,5},
Gerôme Gauchard^{2†} and Bruno Chenuel^{1,2†}

¹ Université de Lorraine, CHRU-Nancy, University Center of Sports Medicine and Adapted Physical Activity, Nancy, France, ² Université de Lorraine, DevAH, Nancy, France, ³ OMEOS, Nancy, France, ⁴ CHRU-Nancy, Direction de la Recherche Clinique et de l'Innovation, Nancy, France, ⁵ Université de Lorraine, CNRS, IECL, Nancy, France, ⁶ Université de Lorraine, Faculté de Médecine, Département du Grand Est de Recherche en Soins Primaires: DEGERESP, Nancy, France, ⁷ Université de Lorraine, CHRU-Nancy, Rehabilitation Medicine Department, Nancy, France

Objective: This study aimed to evaluate the efficacy of the 1-minute Sit to Stand test (1MSTS) to determine physical activity capacities for patients with chronic disease.

Methods: For this cross-sectional study, we studied fifty patients with chronic disease and no beta-blocker treatment. They systematically performed a cardiopulmonary exercise test to determine maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_2\text{max}$). We considered two groups of patients based on the results of the functional evaluation of exercise performance: (1) No limitation in exercise performance ($\dot{V}O_2\text{max}$ greater or equal to 80% of the theoretical reference) and (2) limited exercise performance ($\dot{V}O_2\text{max}$ <80% of the theoretical value). All patients also received an 1MSTS on the same day.

Results: We found 22 (44.0%) patients with normal exercise capacity and 28 (56.0%) patients with limited exercise performance. In this sample, mean 1MSTS repetitions were 27.1 (7.1) and 25.2 (8.7), respectively. There were no significant differences between the two groups for repetition and Borg Scale end test. The correlation between $\dot{V}O_2\text{max}$ measured during the exercise test and 1MSTS repetitions displayed a positive slope [$r = 0.401$ (95% CI 0.114–625)].

Conclusion: This study demonstrated a moderate relationship between 1MSTS and $\dot{V}O_2\text{max}$ for patients with chronic disease. 1MSTS did not permit the precise determination of physical activity capacities in this sample.

Keywords: adapted physical activity, chronic disease, 1-minute Sit to Stand test, aerobic capacities, exercise aerobic

HIGHLIGHTS

- The correlation between the 1-minute Sit to Stand test and $\dot{V}O_2\text{max}$ is moderate for patients with chronic disease.
- The 1-minute Sit to Stand test cannot determine the physical activity capacities of patients with chronic disease.

INTRODUCTION

Assessing a patient's ability to engage in an adapted physical activity (APA) is an important issue to ensure safe practice (Pedersen and Saltin, 2015; U.S. Department of Health Human Services, 2018). In 2016, the French Health Ministry authorized the prescription of APA for patients with chronic diseases (Loi n°2016-41, art. L. 144 du 26 Janvier 2016 de Modernisation de Notre Système de Santé, 2016), but assessment of cardiovascular risk and aerobic exercise capacity is also essential (American College of Sports Medicine et al., 2018; Haute Autorité de Santé, 2019). The Sit to Stand test was developed to assess lower limb capability (Csuka and McCarty, 1985). The 1-minute Sit to Stand (1MSTS) test version described by Koufaki et al. in 2002 was developed to assess a patient's aerobic capacity within a short time and in a limited space (Painter et al., 2000; Koufaki et al., 2002; Bohannon and Crouch, 2019; Simonelli et al., 2021). Indeed 1MSTS only requires a chair, stopwatch, and <2 m² of floor space.

Our main goal was to evaluate the level of the relationship between the aerobic exercise performance capacity and 1MSTS results in a sample of patients suffering from chronic disease following a hospital based adapted physical activity program.

METHODS

This is a cross-sectional monocentric study performed at the Nancy University Center of Sports Medicine and APA, France, between February 2020 and July 2021, in patients requiring implementation of APA. APA is a means that allows the movement of people who, due to their physical, mental, or social status, cannot perform physical activity under normal conditions. The inclusion criteria were age >18 years old, with the ability to perform a cardiopulmonary exercise test and participate in supervised APA practice using a telemetry wireless system to monitor and record HR during the first session. The exclusion criteria were beta-blocker treatment and joint pain or limitations.

Demographic, Clinical Data, and Intervention

Data collected from the included patients were age, gender and body mass index (BMI). We classified the patient's referral department categories behind the APA program into four groups: Obesity, Rheumatology and Others. A maximum cardiopulmonary exercise test was carried out on all included patients.

Following the cardiopulmonary exercise test, the sample was split into two groups (Shvartz and Reibold, 1990; American Thoracic Society American College of Chest Physicians, 2003; Pedersen and Saltin, 2015; Carré, 2016): (1) No limitation of exercise performance capacities: those with normal maximal oxygen uptake [$\dot{V}O_2\text{max}$] $\geq 80\%$ of the reference value] and (2) limitation of exercise performance capacities defined by a

Abbreviations: 1MSTS, 1-minute Sit to Stand test; 6MWT, Six-Minute Walk test; APA, adapted physical activity; BMI, body mass index; HR, heart rate; HRpeak, peak heart rate; IQR, interquartile range; RER, respiratory exchange ratio; SD, standard deviation; $\dot{V}O_2\text{max}$, maximal oxygen uptake.

reduced $\dot{V}O_2\text{max}$ (<80% of the reference value). We used Wasserman equation for reference values (Roca et al., 1997; Radtke et al., 2019). The actual peak HR (HRpeak) was measured during the exercise test.

- Exercise test procedure: $\dot{V}O_2\text{max}$ was established during an incremental exhaustive exercise test on a cycle ergometer (eBike, GE Healthcare, France). For each patient, a progressively increasing work rate protocol was designed (rest, followed by an incremental phase of exercise every minute) so that volitional exhaustion is reached following 8–12 min of exercise. Respiratory and metabolic variables (minute-ventilation, tidal volume, frequency of breathing, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$) were measured breath-by-breath through a mask connected to a pneumotachograph and O₂ and CO₂ analyzers (Vyntus™ CPX, Vyair, Germany). Criteria for the achievement of $\dot{V}O_2\text{max}$ were HR >90% of the maximal reference value HR (210–0.65 × age), respiratory exchange ratio [(RER) = $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$] > 1.1 or $\dot{V}O_2$ plateau (American Thoracic Society American College of Chest Physicians, 2003; Pedersen and Saltin, 2015; Metz et al., 2018).

The 1MSTS was measured before the exercise test on the same day according to international recommendations (Koufaki et al., 2002; Vaidya et al., 2016). The test was performed using a chair of standard height of 45 cm without arm rests over 1 min. The patient had to be seated upright on the chair positioned against a wall. The patient sat with the knees and hips flexed to 90°, feet placed flat on the floor, hip-width apart, and the hands placed on the hips. Every rise from the chair was validated to check if a complete sit-to-stand-to-sit sequence was achieved. The Modified Borg Scale was used to assess fatigue and the number of repetitions was measured. HR before and after 1MSTS was measured.

Statistical Analysis

Both descriptive and comparative analyses were made by accounting for the nature and distribution of the variables. Qualitative variables were described as frequencies and percentages; quantitative variables were evaluated using the mean \pm standard deviation (SD) or with the median and interquartile range (IQR). The chi-square test or Fisher's exact test with, if necessary, the exact calculation of Fisher, was used for the ordinal or nominal data analysis. We used the student *T*-test to compare age, BMI and HR. Binary logistic regression analyses were performed to analyze exercise capacities with age, BMI, gender and Sit to Stand test (number of complete repetitions). We used Pearson's correlation to analyze the relationship between the 1MSTS test and $\dot{V}O_2\text{max}$. For interpreting Pearson's correlation we used this scale: 0.00–0.10 Negligible correlation, 0.10–0.39 Weak correlation, 0.40–0.69 Moderate correlation, 0.70–0.89 Strong correlation, 0.90–1.00 Very strong correlation (Schober et al., 2018). The significance level was set at 0.05 for the entire study. IBM™ SPSS Statistics v23 was used for the data analysis.

Ethics and Dissemination

All data used were obtained from the medical records. No supplementary examination was necessary for patients to meet the inclusion criteria. This study is registered with the Information Technology and Freedoms Commission for the University Hospital of Nancy (file number: 2021PI191) and on Clinicaltrials.gov (NCT05146544) and was designed in accordance with the general ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki. The protocol of this study was approved by the Information Technology and Freedoms Commission. All patients gave their consent for the use of their medical data during the period they received medical care at the University Hospital. The Ethics Committee waived the requirement of written informed consent for participation.

RESULTS

Demographic, Clinical Data, and Intervention

Fifty patients were included in the study, 41 (82%) of whom were women. Mean age was 44.1 (± 10.9) years with a mean BMI of 36.5 (± 9.1) kg/m². We found 28 (56.0%) patients with limited exercise capacities and 22 (44.0%) patients with normal exercise performance. There were no significant differences between the two groups for demographic and clinical characteristics, except for gender ($p = 0.028$) (Table 1). But multivariate analysis corrected this, only age was significant with $p = 0.021$ ($p = 0.056$ for gender).

Relationship Between Physical Activity Capacities and Results of 1MSTS

In this sample, for normal and limited exercise patients, the 1MSTS mean repetitions were 27.1 (7.1) and 25.2 (8.7), respectively, with no significant difference ($p = 0.386$). There

were no significant differences between the two groups for HR and Borg Scale after the test ($p = 0.339$ and $p = 0.793$, respectively).

The correlation between V'O₂max measured during the exercise test and 1MSTS repetition by exercise performance level showed a positive slope [$r = 0.401$ (95% CI 0.114–625)] (Figure 1).

DISCUSSION

The study described a moderate correlation between 1MSTS and V'O₂max in patients suffering from chronic disease following APA. Indeed, it was not possible to ascertain exercise aerobic performance capacity with the 1MSTS. The 1MSTS test was developed in 2002 to assess the aerobic exercise capacities of patients with chronic disease (Koufaki et al., 2002) and was found to be a good alternative to the Six-Minute Walk Test (6MWT) which, unlike the 1MSTS which only needs a small space, requires a corridor at least 30 m long for effective evaluation (Ozalevli et al., 2007; Puhan et al., 2013). Our study revealed a moderate correlation between V'O₂max and 1MSTS in patients with normal exercise capacities, but the result was better for patients with lower exercise capabilities (Figure 1). Our study contrasts with the previous study made by Nakamura et al. that showed a very strong correlation between V'O₂max and 1MSTS repetition intervals ($r = 0.94$) unlike our result which based on absolute repetition number (Nakamura et al., 2014). Indeed, Nakamura study was carried out on a population of 10 young people without obesity [age mean: 22.3 (2.2) years and BMI mean 22.5 (4.1) kg/m²]. To date, no study has been carried out in such equivalent population. However, similar analyses carried out using the 6MWT show a positive correlation of a similar order of magnitude (0.42–0.58) (Guyatt et al., 1985; Cahalin et al., 1996).

TABLE 1 | Baseline demographic and clinical characteristics ($n = 50$).

	Lower exercise capacities ($n = 28$)	Normal exercise capacities ($n = 22$)	* p -value
Women	20 (71.4)	21 (95.5)	0.028
Age, years	41.6 (10.9)	47.3 (10.3)	0.064
Body mass index, kg/m ²	36.1 (11.1)	37.1 (5.9)	0.685
Patient referral department categories			
- Obesity	15 (53.6)	15 (68.2)	0.624
- Rheumatology	5 (17.9)	3 (13.6)	
- Nephrology	1 (3.6)	0 (0.0)	
- Diabetology	0 (0.0)	1 (4.5)	
- Internal Medicine	3 (10.7)	1 (4.5)	
- Other	4 (14.3)	2 (9.1)	
Sit to Stand test: number of complete repetitions	25.2 (8.7)	27.1 (7.1)	0.386
Heart Rate before Sit to Stand test	100.9 (15.2)	99.0 (16.6)	0.687
Heart Rate after Sit to Stand test	135.5 (15.8)	141.3 (23.6)	0.339
Borg Scale after Sit to Stand test	6.3 (2.2)	6.1 (2.0)	0.793

Data are presented as n (%) for dichotomous variables, mean (SD) for continuous demographic variables with normal distribution and median (interquartile range) with non-normal distribution.

*For univariate analyse, we use the student T -test to compare age and body mass index, and chi-square test or Fisher's exact test for other variables.

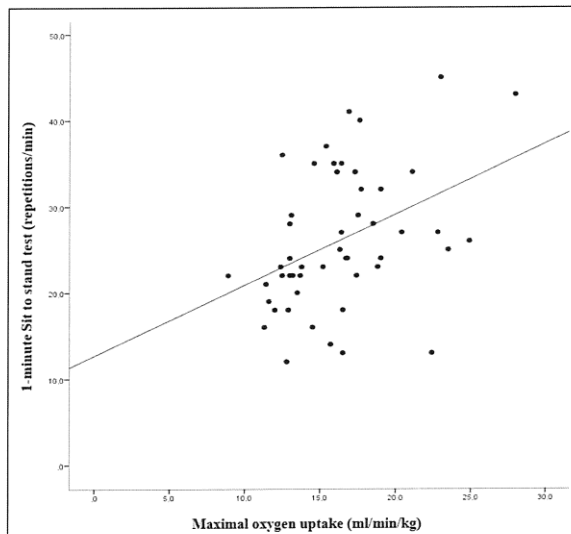


FIGURE 1 | The relationship between matrix maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_2\text{max}$) measured during the exercise test and 1-minute Sit to Stand test repetitions (1MSTS) by level exercise capacity (linear regression modeling). Pearson correlation coefficient for all samples: [$r = 0.401$ (95% CI 0.114–0.625)] correlation formula: ($y = 12.69 + 0.82 x$) with $y = 1\text{MSTS}$ repetitions and $x = \dot{V}O_2\text{max}$ (For normal exercise capacities: [$r = 0.027$ (95% CI -0.348 to 0.460)], and for decreased exercise capacities [$r = 0.569$ (95% CI 0.194 – 0.792)]).

In the case of elite athletes, the $\dot{V}O_2\text{max}$ alone cannot explain performance. In this case a moderate correlation between the $\dot{V}O_2\text{max}$ and the time to exhaustion ($r = -0.63$). Indeed, the influence of methods and mental state influence performance. On the other hand, in our population, $\dot{V}O_2\text{max}$ is a faithful reflection of exercise capacities.

The first publication referring to the Sit to Stand test aimed only at assessing the capacity of the lower limb extensor muscles (Csuka and McCarty, 1985). In fact, the initial test consisted of recording the time taken to stand ten times from a standard chair. In 2002, Koufaki et al. standardized the duration of this test to 1 min, to count the number of repetitions required to define the muscular aerobic capacities of patients with respiratory or chronic disease (Koufaki et al., 2002; Ozalevli et al., 2007; Puhan et al., 2013; Bohannon and Crouch, 2019). However, the 1MSTS test has limitations in young patients or in those with

scarcely any functional restraints as it reflects the strength of the lower muscles and not of overall aerobic capacity (Ritchie et al., 2005; Rausch-Osthoff et al., 2014; Zanini et al., 2015; Vaidya et al., 2016; Bohannon and Crouch, 2019). Indeed, a strong correlation is observed ($r = 0.8$) in healthy subjects aged 55–70, with no chronic disease, while the association is weaker in patients presenting a Chronic Obstructive Pulmonary Disease ($r = 0.50$). It is probably the reason for the moderate correlation observed in our sample of patients with capacity limitations.

This study has limitations. Firstly, the size sample of only 50 patients from a single hospital center, prevents any extension of the results. In addition, the inclusion of many obese participants limited a subgroup exploration of different chronic pathologies.

The main strength of this study is the focus of $\dot{V}O_2\text{max}$ as a gold standard to assess the functional capacities of patients. It also incorporates all the recommendations of the French Health Act issued by the Ministry of Social Affairs and Health.

In conclusion, our study explored the moderate relationship between 1MSTS results and $\dot{V}O_2\text{max}$ as well as the possible inability of this test to detect the physiological exercise aerobic capacity of patients with chronic disease. However, this test may be of interest for characterizing an evolution in the general capacities of the patient practicing an adapted physical activity. An analysis of a larger and heterogeneous population and longitudinal clinical trial design would be necessary to make this observation more explicit, and hence pave the way for the implementation of new exercise assessment programs for patients with chronic disease requiring APA.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

EAll had the original idea. EAll, BC, and EAlb designed and conceived the protocol. EAll and BC drafted the manuscript. EAll, MP, EAlb, JP, MT, OH, AM, NB, GG, and BC critically revised the manuscript for methodology and intellectual content. All authors approved the final version of this manuscript.

FUNDING

The sponsor was CHRU de Nancy (Direction de la Recherche et de l'Innovation).

REFERENCES

- American College of Sports Medicine, Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., and Magal, M. (eds.). (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 10th Edn. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- American Thoracic Society and American College of Chest Physicians (2003). ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 167, 211–277. doi: 10.1164/rccm.167.2.211
- Bohannon, R. W., and Crouch, R. (2019). 1-minute sit-to-stand test: systematic review of procedures, performance, and clinimetric properties. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 39, 2–8. doi: 10.1097/HCR.0000000000000336
- Cahalin, L. P., Mathier, M. A., Semigran, M. J., Dec, G. W., and DiSalvo, T. G. (1996). The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest* 110, 325–332. doi: 10.1378/chest.110.2.325
- Carré, F. (2016). Analyse de la consommation d'oxygène en pratique cardiologique. *La Lettre du Cardiologue*, 6.

- Csuka, M., and McCarty, D. J. (1985). Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am. J. Med.* 78, 77–81. doi: 10.1016/0002-9343(85)90465-6
- Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., and Fallen, E. L. (1985). The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can. Med. Assoc. J.* 132, 5.
- Haute Autorité de Santé (2019). *Guide de Promotion, Consultation et Prescription Médicale d'Activité Physique et Sportive Pour la Santé Chez les Adultes*.
- Koufaki, P., Mercer, T. H., and Naish, P. F. (2002). Effects of exercise training on aerobic and functional capacity of end-stage renal disease patients: exercise training responses in ESRD. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* 22, 115–124. doi: 10.1046/j.1365-2281.2002.00405.x
- Loi n° 2016-41, art. L. 144 du 26 Janvier 2016 de Modernisation de Notre Système de Santé (2016).
- Metz, L., Thivel, D., Peirerra, B., Richard, R., Julian, V., and Duclos, M. (2018). A new equation based on the 6-min walking test to predict VO_{2peak} in women with obesity. *Disabil. Rehabil.* 40, 1702–1707. doi: 10.1080/09638288.2017.1304582
- Nakamura, K., Ohira, M., and Yokokawa, Y. (2014). The effect of different standing up frequencies in sit-to-stand exercise on oxygen uptake. *J. Phys. Ther. Sci.* 26, 1631–1633. doi: 10.1589/jpts.26.1631
- Ozalevli, S., Ozden, A., Itil, O., and Akkoçlu, A. (2007). Comparison of the sit-to-stand test with 6min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir. Med.* 101, 286–293. doi: 10.1016/j.rmed.2006.05.007
- Painter, P., Carlson, L., Carey, S., Paul, S. M., and Myll, J. (2000). Physical functioning and health-related quality-of-life changes with exercise training in hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 35, 482–492. doi: 10.1016/S0272-6386(00)70202-2
- Pedersen, B. K., and Saltin, B. (2015). Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 25, 1–72. doi: 10.1111/sms.12581
- Puhan, M. A., Siebeling, L., Zoller, M., Muggensturm, P., and ter Riet, G. (2013). Simple functional performance tests and mortality in COPD. *Eur. Respir. J.* 42, 956–963. doi: 10.1183/09031936.00131612
- Radtke, T., Vogiatzis, I., Urquhart, D. S., Laveneziana, P., Casaburi, R., and Hebestreit, H. (2019). Standardisation of cardiopulmonary exercise testing in chronic lung diseases: summary of key findings from the ERS task force. *Eur. Respir. J.* 54, 1901441. doi: 10.1183/13993003.01441-2019
- Rausch-Osthoff, A.-K., Kohler, M., Sievi, N. A., Clarenbach, C. F., and van Gestel, A. J. (2014). Association between peripheral muscle strength, exercise performance, and physical activity in daily life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Multidiscipl. Respir. Med.* 9, 1–7. doi: 10.4081/mrm.2014.372
- Ritchie, C., Trost, S., Brown, W., and Armit, C. (2005). Reliability and validity of physical fitness field tests for adults aged 55 to 70 years. *J. Sci. Med. Sport* 8, 61–70. doi: 10.1016/S1440-2440(05)80025-8
- Roca, J., Whipp, B. J., Agustí, A. G. N., Anderson, S. D., Casaburi, R., Cotes, J. E., et al. (1997). Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies. *Eur. Respir. J.* 10, 2662–2689. doi: 10.1183/09031936.97.10112662
- Schober, P., Boer, C., and Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesth. Analg.* 126, 1763–1768. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864
- Shvartz, E., and Reibold, R. C. (1990). Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat. Space Environ. Med.* 61, 3–11.
- Simonelli, C., Paneroni, M., Vitacca, M., and Ambrosino, N. (2021). Measures of physical performance in COVID-19 patients: a mapping review. *Pulmonology* 27, 518–528. doi: 10.1016/j.pulmoe.2021.06.005
- U.S. Department of Health and Human Services (2018). *2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report Washington (DC)*, 779.
- Vaidya, T., de Bisschop, C., Beaumont, M., Ouksel, H., Jean, V., Dessables, F., et al. (2016). 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. Pulm. Dis.* 11, 2609–2616. doi: 10.2147/COPD.S115439
- Zanini, A., Aiello, M., Cherubino, F., Zampogna, E., Chetta, A., Azzola, A., et al. (2015). The one repetition maximum test and the sit-to-stand test in the assessment of a specific pulmonary rehabilitation program on peripheral muscle strength in COPD patients. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulm. Dis.* 10, 2423–2430. doi: 10.2147/COPD.S91176




Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Allado, Poussel, Albuissou, Paysant, Temperelli, Hily, Moussu, Benhajji, Gauchard and Chenuel. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Article

Physical Activity Capacity Assessment of Patients with Chronic Disease and the Six-Minute Walk Test: A Cross-Sectional Study

Edem Allado ^{1,2,3,*} , Mathias Poussel ^{1,2} , Eliane Albuissou ^{4,5,6} , Jean Paysant ^{2,5,7}, Margaux Temperelli ¹, Oriane Hily ¹, Anthony Moussu ^{1,3}, Noura Benhajji ^{3,5}, Gerôme C. Gauchard ² and Bruno Chenuel ^{1,2}

¹ University Center of Sports Medicine and Adapted Physical Activity, CHRU-Nancy, Université de Lorraine, F-54000 Nancy, France; m.poussel@chru-nancy.fr (M.P.); m.temperelli@chru-nancy.fr (M.T.); o.hily@chru-nancy.fr (O.H.); a.moussu@chru-nancy.fr (A.M.); b.chenuel@chru-nancy.fr (B.C.)

² DevAH, Université de Lorraine, F-54000 Nancy, France; j.paysant@chru-nancy.fr (J.P.); gerome.gauchard@univ-lorraine.fr (G.C.G.)

³ OMEOS, F-54000 Nancy, France; noura.benhajji@gmail.com

⁴ Direction de la Recherche Clinique et de l'Innovation, CHRU-Nancy, F-54000 Nancy, France; e.albuissou@chru-nancy.fr

⁵ IECL, CNRS, Université de Lorraine, F-54000 Nancy, France

⁶ Département du Grand Est de Recherche en Soins Primaires (DEGERESP), Faculté de Médecine, Université de Lorraine, F-54000 Nancy, France

⁷ Rehabilitation Medicine Department, CHRU-Nancy, Université de Lorraine, F-54000 Nancy, France

* Correspondence: e.allado@chru-nancy.fr



Citation: Allado, E.; Poussel, M.; Albuissou, E.; Paysant, J.; Temperelli, M.; Hily, O.; Moussu, A.; Benhajji, N.; Gauchard, G.C.; Chenuel, B. Physical Activity Capacity Assessment of Patients with Chronic Disease and the Six-Minute Walk Test: A Cross-Sectional Study. *Healthcare* **2022**, *10*, 758. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050758>

Received: 14 March 2022

Accepted: 14 April 2022

Published: 19 April 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Background: This study aimed to evaluate the efficacy of the Six-Minute Walk Test (6MWT) to determine the physical activity capacities of patients with chronic disease. Methods: For this cross-sectional study, we investigated 156 patients with chronic disease and no beta-blocker treatment. They systematically performed a maximal cardiopulmonary exercise test to determine their heart rate peak (HRPeak) and maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_2\text{max}$). We considered two groups of patients based upon the results of the functional evaluation of exercise performance: (1) No limitation in exercise performance ($\dot{V}O_2\text{max}$ greater or equal to 80% of the theoretical reference) and (2) limited exercise performance ($\dot{V}O_2\text{max}$ less than 80% of the theoretical value). All patients also received a 6MWT on the same day as the exercise test. Results: We found 68 (43.6%) patients with normal exercise capacities and 88 (56.4%) patients with limited exercise performance. In this sample, 6MWT mean distances were 510 (87) and 506 (86) m, respectively. There were no significant differences between the two groups for distance and end-test heart rate. The correlation between matrix $\dot{V}O_2\text{max}$ measured during the maximal incremental exercise test and the 6MWT distance displayed a positive slope ($r = 0.549$ CI95 [0.431–0.656]— $p < 0.001$). Conclusion: Our results showed a moderate relationship between 6MWT and physical activity capacity for patients with chronic disease.

Keywords: exercise; sedentary behavior; physical conditioning; human; chronic disease; walk test

1. Introduction

Many chronic diseases and more than two million deaths worldwide are attributable to physical inactivity each year. In 2013, the global impact of a sedentary lifestyle was estimated to be USD 67.5 billion per year, divided between USD 13.7 billion in lost productivity and USD 53.8 billion in direct healthcare expenditure—57% of which was borne by the public sector [1]. The benefits of physical activity on chronic diseases have been highlighted in many studies [2,3].

Since 2016, the French Health Ministry has authorized the medical prescription of adapted physical activity (APA) for patients with chronic disease [4]. This activity must be adapted to the pathology and the requirements of the patient, as well as their physical capacities. In addition, an assessment of cardiovascular risk and aerobic exercise capacity

is essential to diagnose potential contraindications and to determine a safe level of adapted exercise [5,6].

For APA, it is not recommended that a high-level intensity exercise test alone be used to assess sedentary patients with a moderate to high cardiovascular risk. Prior to any medical prescription, the French health authority (HAS) recommends a medical consultation in order to collect data on factors such as anthropometry, as well as the potential pros and cons of practicing an APA [6]. In a second time, an evaluation of cardiorespiratory and muscular capacity must be performed. In order to do so, tests such as the 6-Minute Walk Test (6MWT) have been proposed [6]. However, the real interest in performing such an assessment of exercise capacity in patients suffering from chronic disease that require an APA program needs to be clarified.

In the literature, the 6MWT has been shown to be useful in assessing the aerobic capacity of patients with cardiac or respiratory pathology by showing its connection with maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_2\text{max}$) [7–10]. The 6MWT has also been shown to be effective in assessing this capacity in the elderly, the obese, cancer patients, and in sick children [11–20]. This test presents the advantage of being standardized, well-documented, and easy to perform at a low budget [21,22].

Thus, we wanted to identify if the 6MWT was suitable for evaluating the aerobic capacities of patients requiring APA who have a chronic disease. Our main goal was to evaluate the level of the relationship between aerobic exercise performance capacity and 6MWT in a sample of chronic disease patients following a hospital-based APA.

2. Materials and Methods

This is a cross-sectional, observational, monocentric study performed at the Nancy University Center of Sports Medicine and APA, France, between February 2020 and July 2021 in patients requiring implementation of APA. APA is a means by which the mobility of people who, due to their physical, mental, or social status, cannot perform physical activity under normal conditions, can be improved.

2.1. Participants

The inclusion criteria were age greater than 18 years with an indication for performing a cardiopulmonary exercise test in order to participate in supervised APA practice inside and outside the hospital. The exclusion criteria were beta-blocker treatment, temporary inability to perform the cardiopulmonary exercise test and 6MWT in the same day, and joint pain or limitations. All inclusions were made systematically and consistently over time.

2.2. Ethics Aspects

All data used were obtained from medical records. No supplementary examination was necessary for patients to meet the inclusion criteria. This study is registered with the Information Technology and Freedoms Commission for the University Hospital of Nancy (IRB number: 2021PI191) and on ClinicalTrials.gov (NCT05146544). This study is registered to the “Ethics Committee of the Nancy University Hospital” (number ref: 336 chaired by Pr Martinet) and was designed in accordance with the general ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki. The protocol of this study was approved by the Information Technology and Freedoms Commission. All patients gave their verbal consent for the use of their medical data during the period they received medical care at the University Hospital.

2.3. Assessment and Intervention

Data collected from the sample patients were age, sex, and body mass index (BMI). We classified the types of pathologies behind the APA program into groups: Obesity, Rheumatology, Hematology, and Others. A maximum cardiopulmonary exercise test was carried out on all included patients.

On the same day, following the cardiopulmonary exercise test, the sample patients were split into two groups [23,24]: (1) No limitation of exercise performance capacities:

those with normal maximal oxygen uptake (greater than or equal to 80% of the reference value) and (2) limitation of exercise performance capacities defined by a reduced maximal oxygen uptake (less than 80% of the reference value). We used Wasserman equation for reference values [25,26]. The actual peak HR (HR_{peak}) was measured during the exercise test.

- Exercise test procedure: $V'O_2$ max was determined during a maximal incremental exercise test on a cycle ergometer (eBike, GE Healthcare, Boston, MA, USA). Power output was increased by 10% of the power reference value, increasing every 1 min until participant exhaustion. Respiratory and metabolic variables (minute-ventilation, tidal volume, frequency of breathing, $V'O_2$, $V'CO_2$) were measured breath-by-breath through a mask connected to a pneumotachograph and O_2 and CO_2 analyzers (Vynus™ CPX, Vyair, Höchberg, Germany). Criteria for the achievement of $V'O_2$ max were HR >90% of the maximal reference value heart rate (210–age), respiratory exchange ratio ($[RER] = V'CO_2/V'O_2$) > 1.1, and/or $V'O_2$ plateau.

As recommended, the 6MWT was measured before the exercise test on the same day. The 6MWT was conducted in a 30 m-long corridor following international recommendations [10]. The HR and the best distance were recorded during the procedure.

2.4. Measures to Reduce Sources of Bias

In order to reduce risks of bias, eligible patients who participated in the tests were included into the study protocol in a systematic manner. All the tests (highest effort capacities and 6 min walk test) were carried out according to our pre-established protocol. Prior to the highest-effort capacity test, a calibration was systematically performed.

2.5. Statistical Analysis

According to the experience of the Center, we expected to find that 20% of subjects would be receiving beta-blocker treatments and 10% of results would be unusable due to pain or limitations. To increase the power of comparisons or correlations, we expected to obtain proportions of close to 50% each for the group of patients with a normal exercise capacity and for the group of patients with limited exercise performance amongst the pool of patients eligible for the study. Using the Simple Asymptotic Method, with a two-sided 95% confidence interval of 16% width (lower limit for proportion 42%; upper limit for proportion 58%), the sample size was 151 subjects. With the 30% of patients not included in the study, the number of participants initially considered was about 200 subjects (calculation = 197).

Both descriptive and comparative analyses were conducted by accounting for the nature and distribution of the variables. Qualitative variables were described as frequencies and percentages; quantitative variables were evaluated with the mean \pm standard deviation (SD) or with the median and interquartile range (IQR). The chi-square test was used for the ordinal or nominal data analysis. We used the student *t*-test to compare age, BMI, HR, and 6MWT results. A binary logistic regression analysis was performed for multivariate analysis of exercise capacities for the estimation of potential confounding factors. We used Pearson's correlation to analyze the relationship between 6MWT and $V'O_2$ max. A Bland–Altman plot was applied on standardized values ($= [X - \text{mean}] / \text{standard deviations}$) to assess the agreement between the two variables ($V'O_2$ max and 6MWT).

The significance level was set at 0.05 for the entire study. IBM™ SPSS Statistics v23 was used for the data analysis.

3. Results

3.1. Demographic, Clinical Data, and Intervention

During the 18-month study period, 208 patients were referred to the Nancy University Center of Sports Medicine and APA. Fifty-two patients were excluded from the analysis due to beta-blocker treatment ($n = 25$) or as the cardiopulmonary exercise test and 6MWT were not possible on the same day ($n = 27$) (Supplementary Figure S1).

One hundred fifty-six patients were included in the study, 122 (78.2%) of whom were female. The mean age was 44.0 (± 12.0) years, and the mean BMI was 36.7 (± 10.4) kg/m². A total of 68 patients (43.6%) had a normal exercise capacity, while 88 patients (56.4%) only showed limited exercise performance. The range of age and BMI was equivalent across exercise capacity categories (Supplementary Figure S2). There were no significant differences between the two groups for demographic and clinical characteristics, except for gender, in the multivariate analysis ($p = 0.008$; Table 1).

Table 1. Baseline demographic and clinical characteristics ($n = 156$).

	Normal Exercise Capacity ($n = 68$)	Lower Exercise Capacity ($n = 88$)	* p -Value	
			Univariate	Multivariate
Female	60 (88.2)	62 (70.5)	0.006	0.008
Male	8 (11.8)	26 (29.5)		
Age, years	45.5 (12.0)	42.9 (12.0)	0.179	0.075
Body mass index, kg/m ²	37.4 (9.8)	36.3 (10.8)	0.505	0.334
Disease categories				
- Obesity	42 (61.8)	54 (61.4)		
- Rheumatology	9 (13.2)	12 (13.6)		
- Hematology and Oncology	4 (5.9)	2 (2.3)	0.857	0.909
- Nephrology	1 (1.5)	1 (1.1)		
- Diabetology	1 (1.5)	0 (0.0)		
- Pneumology	1 (1.5)	2 (2.3)		
- Internal medicine	4 (5.9)	6 (6.8)		
- Other	6 (8.8)	11 (12.5)		

Legend: Data are presented as n (%) for dichotomous variables, mean (SD) for continuous demographic variables with normal distribution and median [interquartile range] with non-normal distribution. * We use the student t -test to compare age and body mass index, and the chi-square test or Fisher's exact test for other variables.

3.2. Relationship between Physical Activity Capacity and Six-Minute Walk Distance (6MWT)

The correlation between matrix $\dot{V}O_2$ max measured during the exercise test and 6MWT distance showed a positive slope in Figure 1 ($r = 0.549$ CI95 [0.431–0.656]— $p < 0.001$). In this sample, for normal and limited exercise patients, 6MWT mean distance was 510 (87) and 506 (86) m, respectively. Mean end-test HR was 93.3 (15.3) bpm and 93.9 (14.3) bpm, respectively. There were no significant differences between the two groups for distance and end-test HR ($p = 0.777$ and $p = 0.815$).

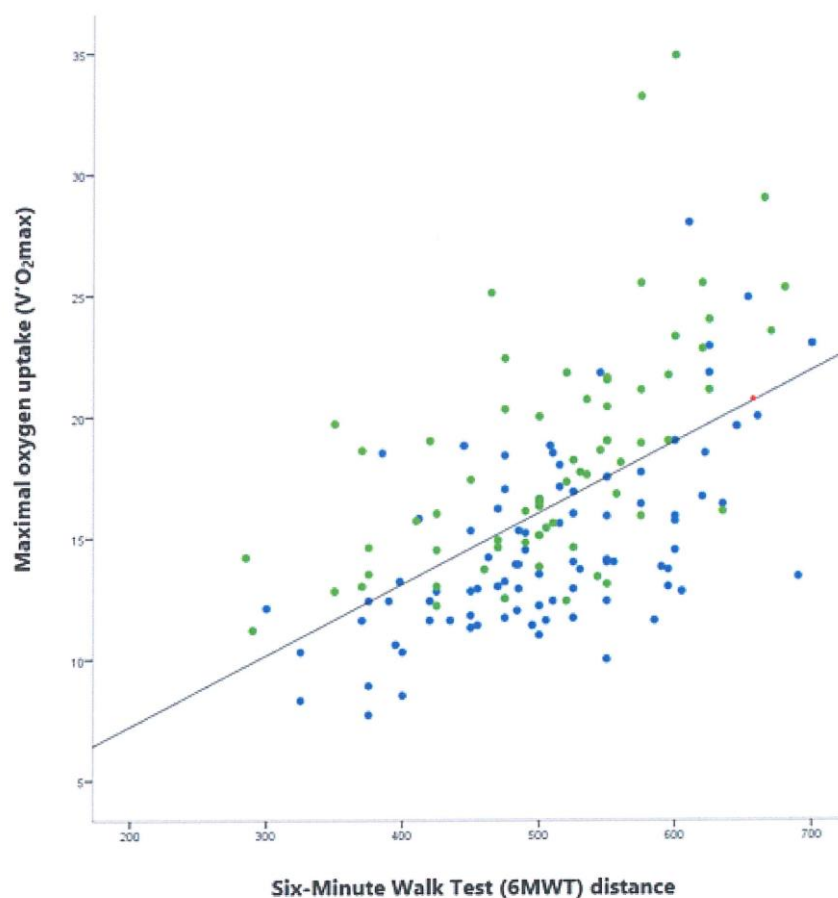


Figure 1. The relationship between matrix maximal oxygen uptake ($V'O_2\text{max}$) measured during the exercise test and the Six-Minute Walk Test (6MWT) distance by level exercise capacity (linear regression modelling). Legend: Green points for normal exercise capacities: Maximal result of exercise test is greater or equal to 80% of the reference value. Blue points for lower exercise capacities: Maximal result of exercise test is less than 80% of the reference value.

A Bland–Altman plot showed an excellent agreement between the two variables (Figure 2), since 146/156 patients (93.6%) showed a mean difference between the two variables within -1.96 SD and $+1.96$ SD.

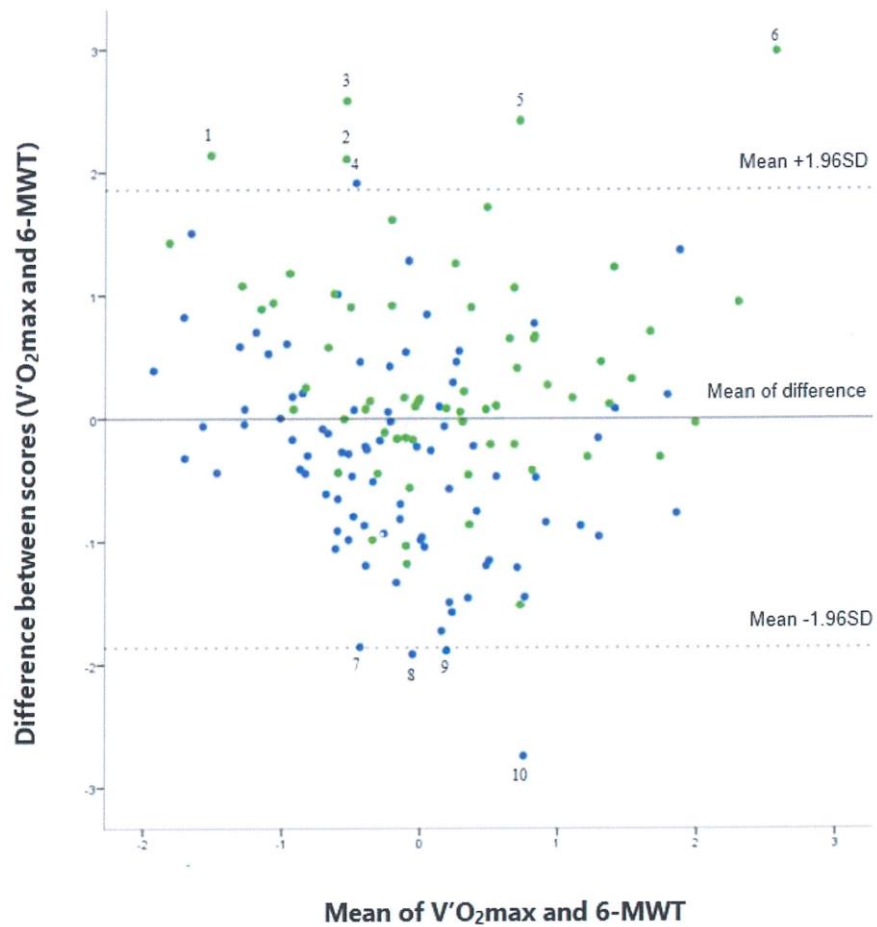


Figure 2. Bland and Altman plot showing the agreement between the $\dot{V}O_2\text{max}$ and the Six-Minute Walk Test (6MWT) distance. Legend: Green points for normal exercise capacities: Maximal result of exercise test is greater or equal to 80% of the reference value. Blue points for lower exercise capacities: Maximal result of exercise test is less than 80% of the reference value.

Six patients were above the +1.96 SD line and thus had greater intensity capacities in $\dot{V}O_2\text{max}$ than in the 6MWT. Patient characteristics are detailed in Table 2. Amongst these patients, there were as many people with obesity as people with a normal BMI ($n = 3$); four women and two men were included. Five out of six of these patients had normal exercise capacity.

Table 2. Characteristics of the 10 patients who exceeded the upper (A) and lower (B) agreement limit in the Bland–Altman plot (Figure 2) and thus have considerably higher maximal oxygen uptake ($V'O_2max$) than 6-Minute Walk Test (6MWT) distance.

	Patient ID Number in Figure 2	Sex/Age/BMI	Department	6MWT Distance	Peak Cycle Work Rate *	$V'O_2max$ *	HRpeak *
Upper agreement Limit (A)	1	♀64 years 41.7 kg/m ²	Obesity	285 m	80 W (108%)	14.2 mL/min/kg (101%)	134 bpm (86%)
	2	♂59 years 37.8 kg/m ²	Obesity	370 m	105 W (74%)	18.6 mL/min/kg (87%)	160 bpm (99%)
	3	♀44 years 37.6 kg/m ²	Obesity	575 m	120 W (111%)	15.9 mL/min/kg (86%)	160 bpm (91%)
	4	♀57 years 23.3 kg/m ²	Rheumatology	385 m	70 W (86%)	18.5 mL/min/kg (79%)	125 bpm (77%)
	5	♀36 years 22.4 kg/m ²	Rheumatology	465 m	130 W (104%)	25.1 mL/min/kg (89%)	164 bpm (89%)
	6	♂37 years 23.8 kg/m ²	Rheumatology	600 m	220 W (96%)	34.9 mL/min/kg (92%)	187 bpm (102%)
	N ^o	Sex/Age/BMI	Department	6MWT Distance	Peak Cycle Work Rate *	$V'O_2max$ *	HRpeak *
Lower agreement limit (B)	7	♀55 years 20.2 kg/m ²	Oncology	550 m	80 W (91%)	10.0 mL/min/kg (40%)	139 bpm (84%)
	8	♂67 years 27.1 kg/m ²	Oncology	585 m	60 W (43%)	11.6 mL/min/kg (47%)	103 bpm (67%)
	9	♂57 years 28.4 kg/m ²	Rheumatology	605 m	75 W (47%)	12.8 mL/min/kg (49%)	146 bpm (90%)
	10	♀42 years 40.4 kg/m ²	Obesity	690 m	80 (72%)	13.4 mL/min/kg (74%)	169 bpm (95%)

* Measurements and percentages of the reference value for peak cycle work rate, $V'O_2max$, or HRpeak. Legend: The 10 patients were identified after performing the Bland–Altman plot. The Patient ID Numbers are those identified in Figure 2.

Four patients were below the -1.96 SD line and thus had considerably higher results in the 6MWT (Table 2). Only one patient presented with obesity—most of the patients came from the oncology department. It is important to note that all of the patients in the group had limited exercise capacity.

4. Discussion

The study described a moderate correlation between 6MWT and $V'O_2max$, but an excellent agreement using Bland–Altman plotting of the two tests for patients with chronic disease requiring APA. However, the 6MWT does not allow a precise determination of the patients' level of exercise capacity, and a maximal exercise challenge should still be recommended in patients that need such degree of precision (search for exercise contraindications, noticeably debilitated patients, etc.) prior to APA.

Although the patients included in our study had a greater exercise capacity than patients with COPD or heart failure, as described in the literature [27–29], the relationship level found the same size effect as that observed in previous studies in patients with cardiac or respiratory disease or obesity [8,9,15,17,30,31]. In fact, a recent meta-analysis has shown that the correlation of $\dot{V}O_2\text{max}$ and the travelled distance was better correlated for patients with COPD ($r = 0.65$, 95% CI 0.61–0.70) [32]. Supporting this observation, the correlation was even greater while performing the incremental shuttle walk test ($r = 0.81$, 95% CI 0.74–0.85) [32].

Even though our study highlighted a 6 m average difference between patients with a low versus normal capacity (510 (87) m and 506 (86) m). No statistically nor clinically significant difference was pointed out (thresholds 14.0 to 30.5 m may be clinically significant across multiple patient groups) [12]. We concluded that the 6MWT is not adapted to discriminate patients with low versus normal capacity.

However, although the measurement of $\dot{V}O_2\text{max}$ during a test on a cycle ergometer is the reference for estimating a patient's exercise capacity [33], it can be limiting for patients presenting with chronic conditions, such as those with breast cancer [13]. Moreover, in our study, we observed that amongst four patients who presented the highest effort capacities at the 6-Minute Walk Test versus the $\dot{V}O_2\text{max}$ test, 50% had a cancer ($n^{\circ}7$ and $n^{\circ}8$ in Table 2). This observation is in agreement with the previously described limitations of the $\dot{V}O_2\text{max}$ [13].

Therefore, the 6-Minute Walk Test is a good method for evaluating the effort capacity of a patient. In fact, the walk test presents the advantage of being easy to perform and convenient, as it does not require any specific equipment for its realization and its interpretation [10]. Nevertheless, even though we saw a moderate correlation, as seen for the 1-Minute Sit-to-Stand Test, the 6MWT does not discriminate between the two capacity levels observed [8,34].

This study has limitations: Firstly, the size sample, which was taken from a single study in one hospital center, prevents any extension of the results. Additionally, the results of the study are only applicable to adults and the presence of many obese participants limited a subgroup exploration of different chronic conditions.

The main strength of our study is the use of $\dot{V}O_2\text{max}$ as a gold standard for assessing the functional capacities of patients. This study also incorporates all the recommendations of the French Health Act issued by the Ministry of Social Affairs and Health.

5. Conclusions

In conclusion, our study found that there was only a modest relationship between 6MWT distance and $\dot{V}O_2\text{max}$. The 6MWT did not succeed in delineating the aerobic capacity of patients with chronic disease that require APA. Further interventional and controlled studies are needed to explore the efficiency of the 6MWT or incremental shuttle walk test in evaluating the exercise capacity of patients requiring APA in a larger cohort of patients.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/healthcare10050758/s1>, Figure S1: Flow chart of patients; Figure S2: Scatter Graphs exercises capacities as a function of ages and BMI.

Author Contributions: E.A. (Edem Allado) and B.C. had the original idea. E.A. (Edem Allado), B.C. and E.A. (Eliane Albuisson) designed and conceived the protocol. E.A. (Edem Allado), B.C. and G.C.G. drafted the manuscript. E.A. (Edem Allado), M.P., E.A. (Eliane Albuisson), J.P., M.T., O.H., A.M., N.B., G.C.G. and B.C. critically revised the manuscript for methodology and intellectual content. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by Information Technology and Freedoms Commission for the University Hospital of Nancy 2021PI191.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Not applicable.

Acknowledgments: The sponsor was CHRU de Nancy (Direction de la Recherche et de l'Innovation).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Abbreviations

6MWT	6-Minute Walk Test
APA	adapted physical activity
BMI	body mass index
HR	heart rate
HRpeak	peak heart rate
IQR	interquartile range
RER	respiratory exchange ratio
SD	standard deviation
V'O ₂ max	maximal oxygen uptake

References

- Ding, D.; Lawson, K.D.; Kolbe-Alexander, T.L.; Finkelstein, E.A.; Katzmarzyk, P.T.; van Mechelen, W.; Pratt, M. The Economic Burden of Physical Inactivity: A Global Analysis of Major Non-Communicable Diseases. *Lancet* **2016**, *388*, 1311–1324. [[CrossRef](#)]
- Pedersen, B.K.; Saltin, B. Exercise as Medicine—Evidence for Prescribing Exercise as Therapy in 26 Different Chronic Diseases. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2015**, *25*, 1–72. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- U.S. Department of Health and Human Services. *Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report*; U.S. Department of Health and Human Services: Washington, DC, USA, 2018; p. 779.
- Loi N 2016-41, Art. L. 144 Du 26 Janvier 2016 de Modernisation de Notre Système de Santé (J.O. 27 Janvier 2016). Available online: https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000031913897 (accessed on 27 January 2016).
- American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, 10th ed.; Riebe, D., Ehrman, J.K., Liguori, G., Magal, M., Eds.; Wolters Kluwer: Philadelphia, PA, USA, 2018; ISBN 978-1-4963-3906-5.
- De Santé, H.A. *Promotion, Consultation et Prescription Médicale D'activité Physique et Sportive Pour la Santé*; Saint-Denis La Plaine: Saint-Denis, France, 2019.
- Guyatt, G.H.; Sullivan, M.J.; Thompson, P.J.; Fallen, E.L. The 6-Minute Walk: A New Measure of Exercise Capacity in Patients with Chronic Heart Failure. *Can. Med. Assoc. J.* **1985**, *132*, 5.
- Bennell, K.; Dobson, F.; Hinman, R. Measures of Physical Performance Assessments: Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Chair Stand Test (CST), Timed Up & Go (TUG), Sock Test, Lift and Carry Test (LCT), and Car Task. *Arthritis Care Res.* **2011**, *63* (Suppl. 11), S350–S370. [[CrossRef](#)]
- Agarwala, P.; Salzman, S.H. Six-Minute Walk Test: Clinical Role, Technique, Coding, and Reimbursement. *Chest* **2020**, *157*, 603–611. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **2002**, *166*, 111–117, Erratum in *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **2016**, *193*, 1185. [[CrossRef](#)]
- Hulens, M.; Vansant, G.; Claessens, A.L.; Lysens, R.; Muls, E. Predictors of 6-Minute Walk Test Results in Lean, Obese and Morbidly Obese Women. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2003**, *13*, 98–105. [[CrossRef](#)]
- Bohannon, R.W.; Crouch, R. Minimal Clinically Important Difference for Change in 6-Minute Walk Test Distance of Adults with Pathology: A Systematic Review. *J. Eval. Clin. Pract.* **2017**, *23*, 377–381. [[CrossRef](#)]
- But-Hadzic, J.; Dervisevic, M.; Karpljuk, D.; Videmsek, M.; Dervisevic, E.; Paravlic, A.; Hadzic, V.; Tomazin, K. Six-Minute Walk Distance in Breast Cancer Survivors—A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2591. [[CrossRef](#)]
- Bartels, B.; de Groot, J.F.; Terwee, C.B. The Six-Minute Walk Test in Chronic Pediatric Conditions: A Systematic Review of Measurement Properties. *Phys. Ther.* **2013**, *93*, 529–541. [[CrossRef](#)]
- Li, A.M.; Yin, J.; Au, J.T.; So, H.K.; Tsang, T.; Wong, E.; Fok, T.F.; Ng, P.C. Standard Reference for the Six-Minute-Walk Test in Healthy Children Aged 7 to 16 Years. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **2007**, *176*, 174–180. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Mylius, C.F.; Paap, D.; Takken, T. Reference Value for the 6-Minute Walk Test in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Expert. Rev. Respir. Med.* **2016**, *10*, 1335–1352. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Brown, A.W.; Nathan, S.D. The Value and Application of the 6-Minute-Walk Test in Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *Ann. Am. Thorac. Soc.* **2018**, *15*, 3–10. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Du, H.; Wonggom, P.; Tongpeth, J.; Clark, R.A. Six-Minute Walk Test for Assessing Physical Functional Capacity in Chronic Heart Failure. *Curr. Heart Fail. Rep.* **2017**, *14*, 158–166. [[CrossRef](#)]

19. Giannitsi, S.; Bougiakli, M.; Bechlioulis, A.; Kotsia, A.; Michalis, L.K.; Naka, K.K. 6-Minute Walking Test: A Useful Tool in the Management of Heart Failure Patients. *Ther. Adv. Cardiovasc. Dis.* **2019**, *13*, 1753944719870084. [CrossRef]
20. Janaudis-Ferreira, T.; Sundelin, G.; Wadell, K. Comparison of the 6-Minute Walk Distance Test Performed on a Non-Motorised Treadmill and in a Corridor in Healthy Elderly Subjects. *Physiotherapy* **2010**, *96*, 234–239. [CrossRef]
21. Mänttari, A.; Suni, J.; Sievänen, H.; Husu, P.; Vähä-Ypyä, H.; Valkeinen, H.; Tokola, K.; Vasankari, T. Six-Minute Walk Test: A Tool for Predicting Maximal Aerobic Power (VO₂Max) in Healthy Adults. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* **2018**, *38*, 1038–1045. [CrossRef]
22. Casanova, C.; Celli, B.R.; Barria, P.; Casas, A.; Cote, C.; de Torres, J.P.; Jardim, J.; Lopez, M.V.; Marin, J.M.; Montes de Oca, M.; et al. The 6-Min Walk Distance in Healthy Subjects: Reference Standards from Seven Countries. *Eur. Respir. J.* **2011**, *37*, 150–156. [CrossRef]
23. Carré, F. Cardiopulmonary exercise test for cardiologists. *La Lett. Du Cardiol.* **2016**, *22*, 111. Available online: <https://www.edimark.fr/lettre-cardiologue/analyse-consommation-oxygene-pratique-cardiologique> (accessed on 27 January 2016).
24. Shvartz, E.; Reibold, R.C. Aerobic Fitness Norms for Males and Females Aged 6 to 75 Years: A Review. *Aviat. Space Environ. Med.* **1990**, *61*, 3–11.
25. Radtke, T.; Crook, S.; Kaltsakas, G.; Louvaris, Z.; Berton, D.; Urquhart, D.S.; Kampouras, A.; Rabinovich, R.A.; Verges, S.; Kontopidis, D.; et al. ERS Statement on Standardisation of Cardiopulmonary Exercise Testing in Chronic Lung Diseases. *Eur. Respir. Rev.* **2019**, *28*, 180101. [CrossRef] [PubMed]
26. Clinical Exercise Testing with Reference to Lung Diseases: Indications, Standardization and Interpretation Strategies. *Eur. Respir. J.* **1997**, *10*, 2662–2689. [CrossRef] [PubMed]
27. Cahalin, L.P.; Mathier, M.A.; Semigran, M.J.; Dec, G.W.; DiSalvo, T.G. The Six-Minute Walk Test Predicts Peak Oxygen Uptake and Survival in Patients With Advanced Heart Failure. *Chest* **1996**, *110*, 325–332. [CrossRef] [PubMed]
28. Cote, C.G.; Pinto-Plata, V.; Kasprzyk, K.; Dordelly, L.J.; Celli, B.R. The 6-Min Walk Distance, Peak Oxygen Uptake, and Mortality in COPD. *Chest* **2007**, *132*, 1778–1785. [CrossRef]
29. Burr, J.F.; Bredin, S.S.D.; Faktor, M.D.; Warburton, D.E.R. The 6-Minute Walk Test as a Predictor of Objectively Measured Aerobic Fitness in Healthy Working-Aged Adults. *Physician Sportsmed.* **2011**, *39*, 133–139. [CrossRef]
30. Metz, L.; Thivel, D.; Peirrer, B.; Richard, R.; Julian, V.; Duclos, M. A New Equation Based on the 6-Min Walking Test to Predict VO₂peak in Women with Obesity. *Disabil. Rehabil.* **2018**, *40*, 1702–1707. [CrossRef]
31. Ritt, L.E.F.; Darzé, E.S.; Feitosa, G.F.; Porto, J.S.; Bastos, G.; de Albuquerque, R.B.L.; Feitosa, C.M.; Claro, T.C.; Prado, E.F.; de Oliveira, Q.B.; et al. The Six-Minute Step Test as a Predictor of Functional Capacity According to Peak VO₂ in Cardiac Patients. *Arq. Bras. Cardiol.* **2021**, *116*, 889–895. [CrossRef]
32. Chae, G.; Ko, E.J.; Lee, S.W.; Kim, H.J.; Kwak, S.G.; Park, D.; Ra, S.W. Stronger Correlation of Peak Oxygen Uptake with Distance of Incremental Shuttle Walk Test than 6-Min Walk Test in Patients with COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Pulm. Med.* **2022**, *22*, 102. [CrossRef]
33. Rapp, D.; Scharhag, J.; Wagenpfeil, S.; Scholl, J. Reference Values for Peak Oxygen Uptake: Cross-Sectional Analysis of Cycle Ergometry-Based Cardiopulmonary Exercise Tests of 10 090 Adult German Volunteers from the Prevention First Registry. *BMJ Open* **2018**, *8*, e018697. [CrossRef]
34. Allado, E.; Poussel, M.; Albuisson, E.; Paysant, J.; Temperelli, M.; Hily, O.; Moussu, A.; Benhajji, N.; Gauchard, G.; Chenuel, B. Physical Activity Capacity Assessment of Patients With Chronic Disease and the 1-Minute Sit to Stand Test: Is There an Interest? *Front. Sports Act. Living* **2022**, *4*, 839509. [CrossRef]

RÉSUMÉ : Avec l'avènement de notre société moderne, l'activité physique quotidienne n'a cessé de diminuer et la sédentarité est devenue aujourd'hui un enjeu majeur de santé publique. L'inactivité physique et le comportement sédentaire sont des facteurs de risques identifiés et considérables des pathologies chroniques.

Depuis 2016, les médecins Français ont la possibilité de prescrire de l'activité physique adaptée (APA) à leurs patients porteurs d'une maladie chronique reconnue comme affection de longue durée (ALD). Cependant, bien qu'il existe des recommandations pour leur prescription médicale, il n'y a pas de caractérisation objective de la réalité pratique des programmes d'APA, pouvant influencer cette prescription. Ce travail de thèse s'inscrit dans le but d'explorer la réalité pratique de l'APA et de mieux caractériser les programmes mis en œuvre, ainsi que le bilan initial à réaliser. Dans un premier temps il s'agit d'évaluer l'intensité réelle de l'exercice pratiqué lors de séances APA, en conditions écologiques dans un centre de référence. Ensuite une analyse de l'apport des tests environnementaux (test de marche de 6 minutes et test du lever de chaise) dans l'évaluation des capacités physiologiques à l'effort d'un patient présentant une ALD a été menée.

Les résultats de ce programme de recherche, nous permettrons de mettre en place des préconisations adaptées aux réalités pratiques afin d'accompagner au mieux la promotion de l'activité physique à des fins de santé chez les patients porteurs de pathologies chroniques.

ABSTRACT : With the advent of the modern society, physical activity has been steadily decreasing, to the point that physical inactivity has become a major public health problem. Physical inactivity and sedentary lifestyle have for instance been identified as important risk factors for chronic diseases.

Since 2016, French physicians have been authorized to prescribe adapted physical activity (APA) to their patients with a chronic disease recognized as a long-term condition (ALD affection de longue durée). Although there are recommendations for medical prescription, there is no objective characterization of the practical reality of APA programs, which could even influence this prescription. This work was carried out to explore the practical reality of APA and to better characterize the programs set up as well as the initial assessment to be carried out.

First, we evaluated the real intensity of the exercise practiced during the APA sessions, under ecological conditions in a reference centre. Secondly, we analysed the contribution of environmental tests (six-minute walk test and one-minute sit-to-stand test) in the evaluation of the physiological capacities to exercise of patients with ALD. The results of this studies program allowed us to suggest recommendations adapted to the practical reality in order to best promote physical activity for health purposes in patients with a chronic pathology.