

Faculté des sciences de la motricité

Effets de différentes modalités d'exercice physique sur la fonction musculaire chez des patients atteints de MASLD

Auteur : Florian LECOCQ

Promoteur : Guillaume HENIN

Co-promotrice : Pr Louise DELDICQUE

Année académique 2025-2026

Master en sciences de la motricité, orientation éducation physique,
finalité didactique [120.0] – EDPH2M

UCLouvain FSM : Déclaration d'utilisation des aides et outils Intelligence Artificielle (IA)

J'ai utilisé l'IA pour ce projet : ☒ Oui
☐ Non

Si vous avez utilisé l'IA dans ce travail, veuillez préciser comment ci-dessous :

Texte (par exemple, vérification orthographique, génération de texte, production d'idées, ...)

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

L'IA a été utilisée pour vérifier et corriger les fautes d'orthographe ainsi que les fautes grammaticales.

Images

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Code, aide à la programmation, ou algorithmes

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Autres utilisations

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Je connais les règles de l'UCLouvain en matière d'intelligence artificielle. Je déclare que toute utilisation d'aides ou d'outils d'intelligence artificielle est explicitement mentionnée dans le présent formulaire de déclaration.

Nom	LECOCQ	Prénom	FLORIAN
-----	--------	--------	---------

Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer ma profonde gratitude à mon promoteur, Guillaume Henin, pour ses conseils éclairés, son suivi attentif et son engagement tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie également le Pr Nicolas Lanthier pour m'avoir donné l'opportunité de participer à ce projet au sein des Cliniques universitaires Saint-Luc.

Table des matières

1. Introduction	4
1.1 Définition de la maladie.....	4
1.2 MASLD – Épidémiologie	5
1.3 MASLD – Physiopathologie.....	7
1.4 MASLD - Complications	7
1.5 MASLD - Méthodes diagnostiques	8
1.6 MASLD - Options thérapeutiques	9
1.7 Exercice et MASLD.....	10
1.7.1 État des connaissances.....	10
1.7.2 Problématiques rencontrées	12
1.7.2.1 La myostéatose comme potentiel obstacle à la fonction musculaire.....	12
1.7.3 Ce que nous ne savons pas encore.....	13
1.7.4 Émergence de la question de recherche	14
2. Méthodes	15
2.1 Sujets et recrutement	15
2.1.1 Critères d'éligibilité.....	15
2.2 Design de l'étude et procédure de randomisation	15
2.2.1 Déroulement du protocole d'intervention.....	16
2.2.1.1 Groupe MCT (Moderate Continuous Training).....	17
2.2.1.2 Groupe HIIT (High-Intensity Interval Training)	17
2.2.1.3 Groupe stretching.....	18
2.3 Mesures réalisées	18
2.3.1 Tests pré et postintervention.....	18
2.3.2 Variables mesurées	19
2.3.3 Suivi intermédiaire et réévaluations	20
2.4 Tests statistiques	20
2.4.1 Traitement des variables continues	20
2.4.2 Traitement des variables catégorielles	20
3. Résultats.....	21
3.1 Population baseline.....	21
3.2 Adhérence au protocole et intensité réelle des séances	22
3.3 Évolution des paramètres anthropométriques	23
3.4 Évolution de la fonction musculaire	24
3.4.1 Groupe Stretching	24
3.4.2 Groupe MCT	25
3.4.3 Groupe HIIT	26
3.4.4 Synthèse des résultats de la fonction musculaire	27
3.5 Évolution de la force musculaire par dynamomètre isocinétique	27
3.5.1 Groupe Stretching	27

3.5.2 Groupe MCT	28
3.5.3 Groupe HIIT	28
3.5.4 Synthèse des résultats isocinétiques.....	29
3.6 Comparaisons inter-groupes	29
3.6.1 Comparaisons inter-groupes des variations entre T0 et T1	29
3.6.2 Comparaisons inter-groupes des variations entre T1 et T2	31
3.6.3 Synthèse des comparaisons inter-groupes	31
3.7 Synthèse des résultats principaux	32
4. Discussion	34
4.1 Interprétation principale des résultats	34
4.2 Comparaison avec la littérature	35
4.3 Limitations de l'étude	38
4.4 Perspectives	40
5. Conclusion.....	42
6. Bibliographie.....	44
7. Annexes	47

1. Introduction

1.1 Définition de la maladie

La maladie du foie stéatosique associée à un dysfonctionnement métabolique (MASLD), anciennement appelée « maladie du foie gras non-alcoolique » (NAFLD) puis « maladie du foie gras associée à un dysfonctionnement métabolique » (MAFLD), est devenue la maladie hépatique chronique la plus courante (Rinella et al., 2024; Targher et al., 2025).

La maladie hépatique stéatosique (SLD), qui est définie comme un contenu en triglycérides hépatiques dépassant 5% du poids total du foie, inclut la MASLD. Cependant il existe différents types principaux de SLD selon l'étiologie :

- D'origine métabolique (MASLD).
- Liée à la consommation excessive de boissons alcoolisées (ALD).
- D'origine mixte, c'est-à-dire à la fois métabolique et liée à la consommation excessive de boissons alcoolisées (MetALD).

Pour qu'un patient soit diagnostiqué atteint de MASLD, il doit présenter une stéatose hépatique objectivée de manière non-invasive (imagerie) ou à l'histologie avec au moins un critère cardio-métabolique (Rinella et al., 2024). Chez l'adulte, ces traits sont les suivants : un surpoids défini par un indice de masse corporelle (IMC) $\geq 25 \text{ kg/m}^2$, ou un tour de taille augmenté selon le sexe ou l'origine ethnique ; une anomalie du métabolisme glucidique, incluant une glycémie à jeun $\geq 5,6 \text{ mmol/L}$, une glycémie à 2 heures après surcharge en glucose $\geq 7,8 \text{ mmol/L}$, une hémoglobine glyquée HbA1c $\geq 5,7 \%$, ou la présence d'un diabète de type 2 traité ; une pression artérielle $\geq 130/85 \text{ mmHg}$ ou la prise d'un traitement antihypertenseur ; des triglycérides plasmatiques $\geq 1,70 \text{ mmol/L}$ ou la prise d'un traitement hypolipémiant ; ou enfin un HDL-cholestérol abaissé, défini par une valeur $\leq 1,0 \text{ mmol/L}$ chez l'homme et $\leq 1,3 \text{ mmol/L}$ chez la femme, ou la prise d'un traitement hypolipémiant.

Si le patient remplit au moins 1 de ces critères, il faut ensuite se poser la question de savoir s'il existe d'autres causes secondaires de stéatose telle que la consommation de boissons alcoolisées, facteur favorisant principal de stéatose d'origine non-métabolique. Cette étape est essentielle, car la présence de critères

cardio-métaboliques ne suffit pas à elle seule à affirmer une origine strictement métabolique de la stéatose. En pratique, il faut donc rechercher systématiquement une autre cause pouvant expliquer ou contribuer à l'accumulation de graisse hépatique, en particulier une consommation excessive de boissons alcoolisées, mais aussi d'autres étiologies hépatiques ou causes combinées. Le but est de savoir si la stéatose provient principalement d'un mécanisme métabolique isolé, d'une origine liée aux boissons alcoolisées, ou d'une addition des deux. Si aucune autre étiologie n'est retrouvée, le diagnostic de MASLD est posé. En cas de consommation excessive de boissons alcoolisées, le patient est plus susceptible d'être diagnostiqué MetALD ou ALD (en fonction de la quantité d'alcool consommée) ou d'autres étiologies ajoutées à celle-ci. La MASLD est en réalité un spectre débutant par la stéatose isolée. Elle peut progresser vers sa forme inflammatoire sévère qu'est la stéatohépatite d'origine métabolique (MASH). La MASH est un diagnostic histologique caractérisé par des lésions des hépatocytes ou ballonnisation ainsi qu'une inflammation lobulaire. La physiopathologie ainsi que les facteurs de risque de progression vers la MASH sont à ce jour peu connus. La MASH constitue d'ailleurs le principal moteur de l'aggravation de l'atteinte hépatique et s'accompagne généralement d'une accélération du processus de fibrose (Semmler et al., 2021).

Il est généralement admis qu'une fibrose hépatique cliniquement significative (définie histologiquement comme au moins périsinusoïdale et portale ou périportale) constitue un important facteur prédictif de mortalité toutes causes confondues ainsi que de complications hépatiques (Targher et al., 2025). À l'inverse, la régression du stade de fibrose est associée à une amélioration du pronostic global.

À partir de ce stade, la maladie peut progresser vers une fibrose avancée, puis vers la cirrhose, la décompensation hépatique et, dans les cas les plus sévères, vers le carcinome hépatocellulaire (Targher et al., 2025).

1.2 MASLD – Épidémiologie

La MASLD est devenue la maladie hépatique chronique la plus prévalente au monde. En effet, elle touche jusqu'à 38% de la population adulte mondiale (Targher et al., 2025).

Même si la maladie n'évolue, vers la cirrhose ou le carcinome hépatocellulaire que chez une petite proportion de personnes atteintes, le pourcentage de la population mondiale touchée est si grand que l'impact de la MASLD sur les systèmes de santé est considérable.

Les données disponibles suggèrent qu'environ 5 % des patients progressent chaque année vers une MASH. La progression vers la fibrose est estimée entre 2 et 18 % par an, tandis que la progression vers une fibrose avancée varierait entre 7 et 35 % par an. La progression vers la cirrhose est estimée entre 1 et 10 % par an, alors que le risque annuel de décompensation hépatique serait compris entre 0,5 et 2,5 %. Enfin, le développement d'un carcinome hépatocellulaire resterait plus rare, avec une incidence estimée entre 0,01 et 0,2 % par an. En termes de temporalité, le passage d'une fibrose légère de stade F0–F1 vers un stade avancé pourrait s'étendre sur environ 30 à 35 ans. La progression jusqu'au stade F2 serait estimée à 19 à 20 ans, alors que l'évolution vers le stade F3 pourrait survenir en 5 à 6 ans. Une fois la cirrhose installée, le risque cumulé de décompensation serait d'environ 10 % par an (Targher et al., 2025).

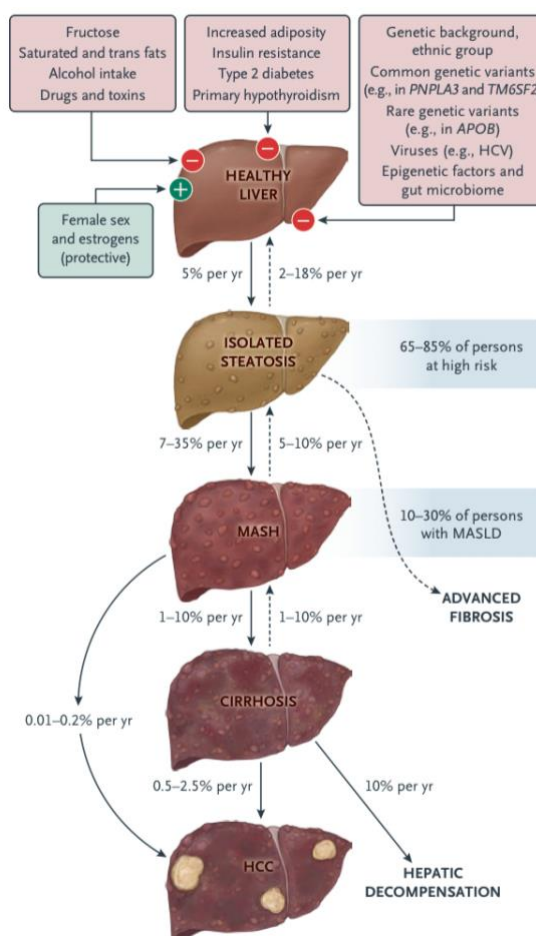


Fig. 1. Développement et progression de la MASLD (Targher et al., 2025).

Cette prévalence est fortement corrélée à l'obésité et au diabète de type 2. Effectivement, dans une méta-analyse de 156 études incluant environ 1,8 million de personnes atteintes de diabète de type 2, la prévalence mondiale de la MASLD était de 65% (Targher et al., 2025).

Le niveau de développement social et économique des pays a également un impact sur ce niveau de prévalence étant donné que l'Amérique du Sud (33,07%), l'Asie du Sud-Est (33,07%) et l'Afrique du Nord (36,53%) sont les parties du monde les plus touchées par la MASLD (Targher et al., 2025).

1.3 MASLD – Physiopathologie

La maladie est multifactorielle mais l'adiposité, en particulier l'accumulation de graisse viscérale, ainsi que la résistance à l'insuline et la sévérité du dysfonctionnement métabolique, sont les causes premières du développement et de la progression de la MASLD (Sun et al., 2024; Targher et al., 2025). L'alimentation (notamment le fructose), la consommation de boissons alcoolisées ainsi que les facteurs génétiques et épigénétiques sont également des causes de développement.

Pour résumer, différents facteurs favorisent l'apparition et la progression de la MASLD sur le plan physiopathologique. Les principaux facteurs de risque sont les suivants : l'adiposité accrue, en particulier viscérale, la résistance à l'insuline, le diabète de type 2, l'hypothyroïdie primaire, certains déterminants génétiques et ethniques, certaines infections virales, ainsi que des facteurs épigénétiques et pour finir le microbiote intestinal. À ces éléments, des facteurs aggravants viennent s'ajouter : une consommation élevée de fructose, les apports importants en graisses saturées ou trans, la consommation même modérée de boissons alcoolisées, ainsi que certains médicaments. À l'opposé, certains facteurs semblent exercer un effet protecteur relatif : le sexe féminin avant la ménopause, dû probablement aux effets métaboliques des œstrogènes.

1.4 MASLD - Complications

La MASLD est associée à des complications hépatiques mais également extra-hépatiques. Il a été prouvé que la MASLD augmente le risque de maladies cardiovasculaires ainsi que des maladies rénales chroniques et certains cancers

extra-hépatiques. Le risque de développer un diabète de type 2 augmente d'un facteur 2,2 lorsque le patient est atteint de MASLD.

De plus, la principale cause de décès chez les personnes atteintes de MASLD sont les maladies cardio-vasculaires en augmentant le risque d'évènements cardiovasculaires mortels et non mortels d'un facteur 1,5 indépendamment des facteurs de risque traditionnels (Targher et al., 2025). Ce facteur augmente avec l'avancement des stades de fibrose.

1.5 MASLD - Méthodes diagnostiques

Les deux objectifs principaux du diagnostic sont d'identifier la MASLD ainsi que la présence de fibrose hépatique impactant le pronostic.

Premièrement, aucun test sanguin spécifique ne permet de détecter une stéatose hépatique ou un stade plus avancé. Il est donc obligatoire de se baser en pratique clinique sur l'association de paramètres cliniques et des examens complémentaires.

Pour ce faire, il existe 2 types de techniques : non-invasives et invasives. En techniques non-invasives, nous avons l'imagerie conventionnelle descriptive : échographie, scanner (CT), IRM qui permet d'objectiver la stéatose hépatique mais ne permet pas d'en décrire la sévérité.

Il existe également l'élastométrie transitoire (Fibroscan), qui est très rapide et permet de détecter et quantifier la stéatose (paramètre d'atténuation contrôlée (CAP) – dB/m) ainsi que l'élasticité hépatique (mesure de l'élasticité hépatique (LSM) – kPa). L'élasticité hépatique est positivement corrélée au contenu en collagène intra-hépatique. Celle-ci est donc utilisée en pratique clinique comme marqueur indirect de fibrose hépatique. Cependant, l'élastométrie transitoire ne permet que d'étudier un faible volume du foie (+/- 3 cm³) et l'élasticité est influencée par de nombreux paramètres autres que la fibrose.

Pour finir, l'imagerie par résonance magnétique quantitative, la magnetic resonance imaging-proton density fat fraction (MRI PDFF), et la magnetic resonance elastography (MRE) permettent une quantification précise de la stéatose (PDFF) et de l'élasticité hépatique (MRE) sur un large volume du foie (Henin et al., 2024; Zhang et al., 2016). Malheureusement, cette technique d'imagerie est chronophage, coûteuse et utilisée uniquement en recherche.

Pour ce qui est des techniques invasives, la biopsie hépatique peut se réaliser principalement de deux manières : par voie percutanée ou transjugulaire. Un point important, est que c'est la seule technique permettant le diagnostic de MASH. De plus, la biopsie hépatique permet de décrire directement les anomalies histologiques caractéristiques de la MASLD, telles que la stéatose, l'inflammation lobulaire, la ballonnisation hépatocytaire et le degré de fibrose, ce qui en fait la méthode diagnostique de référence, ou gold standard (Targher et al., 2025). Mais cela reste invasif et nécessite une hospitalisation. Des complications (hémorragie) sont possibles et ce n'est qu'un très faible volume de foie qui est examiné (sampling bias).

Table. 1. Tableau récapitulatif des méthodes diagnostiques

	Diagnostic de stéatose	Diagnostic de MASH	Diagnostic de fibrose
Tests sanguins	X	X	X
Imagerie conventionnelle	V	X	X
Fibroscan	V	X	V
Imagerie quantitative	VV	X	VV
Biopsie hépatique	VV	V	VV

1.6 MASLD - Options thérapeutiques

Malheureusement, il n'existe pas encore de traitement médicamenteux spécifique disponible en Belgique. Les deux options possibles qui permettent d'induire la rémission de la MASLD sont les suivantes :

- La perte de poids constitue une stratégie thérapeutique majeure dans la prise en charge de la MASLD. Elle peut être obtenue par différentes approches, notamment par un régime alimentaire de type méditerranéen, par l'utilisation d'agonistes des récepteurs du GLP-1 (GLP-1RA) ou encore par la chirurgie bariatrique (Romero-Gomez et al., 2017 ; Sun et al., 2024). Une réduction d'au moins 5 % du poids corporel total est associée à une diminution de la stéatose hépatique. Lorsque la perte de poids atteint environ 8 %, une amélioration de l'inflammation hépatique et de la MASH

peut être observée. Enfin, une réduction d'au moins 10 % du poids corporel total est généralement nécessaire pour obtenir une diminution de la fibrose.

- L'activité physique constitue l'autre pilier thérapeutique majeur de la MASLD. Elle améliore la sensibilité à l'insuline, réduit la graisse hépatique et contribue à l'amélioration du profil métabolique global, même en l'absence de perte pondérale importante (Cigrovski Berkovic et al., 2021; Keating et al., 2023; Romero-Gómez et al., 2017; Sabag et al., 2022).

1.7 Exercice et MASLD

L'exercice physique occupe aujourd'hui une place centrale dans la prise en charge de la MASLD. En l'absence de traitement pharmacologique spécifiquement approuvé et largement disponible en pratique clinique, les interventions sur le mode de vie constituent la stratégie thérapeutique de première intention. Ceci repose principalement sur l'association de mesures nutritionnelles et d'un programme structuré d'activité physique (Henin et al., 2024; Romero-Gómez et al., 2017).

Par ailleurs, la MASLD n'est plus considérée comme une atteinte strictement hépatique, mais comme une pathologie multisystémique impliquant des interactions complexes entre le foie, le tissu adipeux et le muscle squelettique. Ce dernier joue un rôle majeur dans l'homéostasie métabolique, notamment par sa participation au captage du glucose sous stimulation insulinique, à l'oxydation des substrats énergétiques et à la sécrétion de médiateurs circulants susceptibles d'influencer le métabolisme hépatique (Henin et al., 2024; Targher et al., 2025).

1.7.1 État des connaissances

L'exercice physique occupe actuellement une place centrale dans la prise en charge de la MASLD et constitue, avec les interventions nutritionnelles, l'un des principaux leviers thérapeutiques non pharmacologiques (Henin et al., 2024; Romero-Gómez et al., 2017). La pratique régulière d'une activité physique permet de réduire significativement le contenu en graisse hépatique (Hashida et al., 2017; Liu et al., 2023; Xiong et al., 2021). Et ce, même en l'absence de perte pondérale importante, ce qui souligne l'existence de mécanismes bénéfiques indépendants de la seule diminution du poids corporel (Houttu et al., 2022; Keating et al., 2023; Sabag et al., 2022).

1.7.1.1 Efficacité des différentes modalités d'exercice

Les modalités d'exercice aérobic sont les plus étudiées à ce jour. Parmi celles-ci, l'entraînement continu d'intensité modérée (MCT) et l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) apparaissent tous deux efficaces pour diminuer la stéatose hépatique (Houttu et al., 2022; Sabag et al., 2022; Zhang et al., 2016). Les données comparatives disponibles ne mettent cependant pas en évidence de supériorité nette du HIIT sur le MCT concernant la réduction du contenu lipidique hépatique, en l'absence d'essais randomisés. L'intérêt spécifique du HIIT résiderait dans son efficacité comparable malgré une durée d'exercice souvent plus courte, ce qui favoriserait l'adhésion à long terme chez certains patients (Sabag et al., 2022). Par ailleurs, le MCT présenterait des effets plus constants sur certains marqueurs biologiques hépatiques, notamment les transaminases (Houttu et al., 2022).

L'entraînement en résistance représente également une modalité pertinente dans la prise en charge de la MASLD. Bien que moins étudié que l'exercice aérobic, il améliore plusieurs paramètres métaboliques et hépatiques, notamment la sensibilité à l'insuline et certains marqueurs enzymatiques (Henin et al., 2024; Xue et al., 2024). Ce type d'exercice présente également un intérêt particulier dans une population fréquemment exposée à des anomalies musculaires squelettiques (cfr point 1.7.2.1). Et ce, en contribuant au maintien ou à l'amélioration de la force et de la masse musculaire (Henin et al., 2024).

Certaines analyses comparatives récentes suggèrent que la combinaison d'un entraînement aérobic et d'un entraînement en résistance pourrait représenter l'approche la plus complète, en permettant d'agir simultanément sur les paramètres hépatiques, cardio-métaboliques et musculaires (Huang et al., 2024; Xue et al., 2024). Néanmoins, l'hétérogénéité importante des protocoles utilisés (fréquence, intensité, volume, durée des interventions, caractéristiques des participants) limite encore la possibilité d'identifier avec certitude une modalité supérieure aux autres (Houttu et al., 2022; Huang et al., 2024; Sabag et al., 2022; Xiong et al., 2021).

Au-delà de la réduction de la stéatose hépatique, l'exercice agit probablement via plusieurs mécanismes physiologiques complémentaires comprenant : une amélioration de la sensibilité à l'insuline musculaire, une amélioration de la fonction mitochondriale, une diminution de l'inflammation systémique de bas

grade, une modulation du tissu adipeux viscéral ainsi qu'une sécrétion de myokines susceptibles d'influencer favorablement le métabolisme hépatique (Cigrovski Berkovic et al., 2021; Farzanegi et al., 2019; Henin et al., 2024).

En revanche, malgré ces résultats encourageants, plusieurs zones d'incertitude persistent. Les preuves demeurent plus limitées concernant l'effet spécifique des différentes modalités d'exercice sur la MASH, la fibrose hépatique ou encore les altérations musculaires fonctionnelles associées à la maladie (Henin et al., 2024; Houttu et al., 2022). En effet, peu d'études ont utilisé des critères histologiques ou des évaluations musculaires approfondies. Ceci justifie la poursuite de travaux visant à mieux déterminer quelle modalité d'exercice permettrait d'optimiser simultanément les bénéfices hépatiques et musculaires chez les patients atteints de MASLD (Henin et al., 2024; Sabag et al., 2022).

1.7.2 Problématiques rencontrées

1.7.2.1 La myostéatose comme potentiel obstacle à la fonction musculaire

Plusieurs limites importantes persistent dans le domaine de l'activité physique dans la MASLD. La majorité des travaux interventionnels ont étudié l'impact de l'effet du programme sur la maladie hépatique (stéatose, élasticité hépatique, ...), sans monitorer le devenir de la fonction musculaire (Hashida et al., 2017; Henin et al., 2024; Liu et al., 2023; Romero-Gómez et al., 2017; Sabag et al., 2022).

Le muscle squelettique apparaît comme impliqué dans la physiopathologie de la MASLD. Il capte le glucose sous l'effet de l'insuline et celui-ci contribue au métabolisme énergétique global.

Il agit également comme organe endocrine via la sécrétion de myokines et d'autres médiateurs circulants capables d'influencer le foie, le tissu adipeux et l'inflammation systémique (Henin et al., 2024). Dès lors, une altération de la fonction musculaire pourrait non seulement réduire la capacité physique des patients, mais également limiter les bénéfices métaboliques attendus de l'exercice.

Les atteintes musculaires observées dans la MASLD suscitent un intérêt croissant. En effet, celles-ci sont fréquentes dans la MASLD et associées à sa sévérité. Celles-ci comprennent la sarcopénie (diminution de la masse et de la fonction musculaires)

et la myostéatose, c'est-à-dire une infiltration lipidique excessive du muscle squelettique (Henin et al., 2024; Targher et al., 2025).

Les données actuellement disponibles indiquent toutefois que la myostéatose semble liée à la sévérité de l'atteinte hépatique, en particulier chez les patients présentant une MASH. Cette association soutient l'idée d'interactions étroites entre le muscle squelettique et le foie, possiblement dans une dynamique bidirectionnelle (Henin et al., 2024). Malgré cela, les répercussions fonctionnelles de cette atteinte musculaire restent encore peu documentées. Peu d'études se sont en effet intéressées à des mesures directes de la force ou de la performance physique à l'aide de tests standardisés.

L'impact de la myostéatose sur la fonction musculaire dans la population MASLD n'a en effet pas été précédemment investigué.

Par ailleurs, plusieurs modalités d'exercice, comme le MCT, le HIIT, l'entraînement en résistance ou les approches combinées, ont montré des effets bénéfiques sur la stéatose hépatique. En revanche, leur impact spécifique sur la fonction musculaire reste moins bien établi. Il demeure donc difficile, à l'heure actuelle, d'identifier la modalité d'entraînement la plus adaptée pour améliorer à la fois les paramètres hépatiques et les capacités musculaires chez les patients atteints de MASLD.

1.7.3 Ce que nous ne savons pas encore

Si l'effet bénéfique de l'exercice sur le phénotype hépatique est désormais bien établi, plusieurs questions cruciales restent en suspens.

- La réversibilité fonctionnelle : la réduction de la graisse hépatique après douze semaines d'exercice s'accompagne-t-elle systématiquement d'une amélioration proportionnelle de la fonction musculaire ?
- La spécificité de la réponse adaptative : au sein des modalités aérobies étudiées dans notre protocole, certaines formes d'entraînement, notamment le MCT ou le HIIT, induisent-elles des adaptations différentes sur la fonction musculaire et la fatigabilité chez les patients atteints de MASLD (Sabag et al., 2022) ?

- La persistance des acquis : quelle est la cinétique de désadaptation de cette fonction musculaire une fois l'encadrement supervisé terminé ?

1.7.4 Émergence de la question de recherche

L'impact spécifique des différentes modalités d'exercice sur la fonction musculaire des patients atteints de MASLD reste donc peu investigué. Or, cette dimension représente un enjeu majeur, tant sur le plan clinique que physiopathologique, puisqu'elle conditionne l'autonomie, la tolérance à l'effort, l'adhésion aux programmes d'exercice ainsi que le potentiel d'amélioration métabolique à long terme (Henin et al., 2024, 2025).

Il apparaît nécessaire de dépasser une vision exclusivement hépatocentrée de la MASLD afin d'intégrer pleinement la dimension neuromusculaire dans l'évaluation des interventions thérapeutiques. L'analyse de la fonction musculaire à travers des outils validés (cfr Méthode), pourrait permettre de mieux caractériser les bénéfices réels des différentes modalités d'exercice chez cette population.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail, dont la problématique est la suivante : « **Quel est l'impact du type d'exercice physique sur la fonction musculaire chez les patients atteints de MASLD ?** »

2. Méthodes

2.1 Sujets et recrutement

Les participants sont recrutés aux Cliniques universitaires Saint-Luc, via les consultations spécialisées d'hépatologie et de diabétologie. La répartition par groupe des participants est randomisée en double aveugle.

2.1.1 Critères d'éligibilité

Les critères d'inclusion sont les suivants :

1. Âge compris entre 18 et 65 ans.
2. Présenter une MASLD avec stéatose confirmée par imagerie ou par Fibroscan (la sévérité de la MASLD n'est PAS un critère d'inclusion ou d'exclusion en soi).
3. Avoir un poids et un traitement médical stables depuis au moins 3 mois.

Critères d'exclusion :

1. Âge < 18 ans ou > 65 ans.
2. Présenter une hépatopathie chronique d'autre origine (liée à la consommation de boissons alcoolisées, hépatite virale, auto-immune, etc.).
3. Présenter une contre-indication à la pratique d'une activité physique régulière (cardiologique, orthopédique, neurologique).
4. Présenter une pathologie musculaire squelettique pouvant affecter le phénotype musculaire (maladie neuro-dégénérative, polyneuropathie).
5. Présenter une contre-indication à l'IRM (dispositif métallique intra-corporel, claustrophobie).

2.2 Design de l'étude et procédure de randomisation

Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'une étude prospective interventionnelle randomisée comportant trois bras parallèles d'intervention :

- Un groupe stretching, centré sur des exercices d'assouplissement et de mobilité.

- Un groupe MCT (Moderate Continuous Training) reposant sur un entraînement continu d'intensité modérée sur ergocycle.
- Un groupe HIIT (High-Intensity Interval Training) reposant sur un entraînement intermittent alternant phases d'effort intense et récupération active sur ergocycle.

Une procédure de double aveugle a été utilisée pour répartir les participants dans les différents groupes d'intervention afin d'éviter les biais d'assignation. C'est le logiciel RedCap (Research Electronic Data Capture) qui a été utilisé pour automatiser et centraliser la répartition. Ceci assure qu'aucune décision humaine n'est intervenue dans le processus en plus de garantir la sécurité et la traçabilité de toutes les données récoltées.

Il est important de préciser que cette étude ne comporte pas de groupe « contrôle » sédentaire. Le groupe stretching ne peut pas être considéré comme contrôle car des modifications sur la maladie ou le phénotype musculaire peuvent être induites. Le design de l'étude repose sur un suivi longitudinal où chaque participant est son propre témoin. Cela permet une analyse comparative de l'évolution des variables physiologiques entre le niveau basal et les points d'évaluation post-intervention.

2.2.1 Déroulement du protocole d'intervention

L'étude dure 16 semaines pour chaque participant. L'étude se compose de deux phases distinctes : d'abord une phase active, puis une phase d'observation.

- Phase d'intervention (semaines 1 à 12) : Les participants suivent un programme d'activité physique supervisé pendant douze semaines :

Le programme d'activité physique propose trois séances de 40 minutes chaque semaine, ce qui donne un total de 36 séances. Les séances sont encadrées par un intervenant formé (Gauthier Bruart, Lucas Dewit ou moi-même), selon un protocole standardisé. Lors de chaque séance, plusieurs variables physiologiques et perceptives sont recueillies : la fréquence cardiaque (FC), le wattage développé sur ergocycle ainsi que la perception subjective de l'effort à l'aide de l'échelle de Borg.

L'intensité prescrite pour les groupes MCT et HIIT est individualisée sur base de la fréquence cardiaque de réserve (FCR), selon la méthode de Karvonen. Celle-ci est

calculée comme la différence entre la fréquence cardiaque maximale théorique et la fréquence cardiaque de repos : $FCR = FC(max) - FC(repos)$.

La fréquence cardiaque maximale théorique est estimée à partir de l'âge selon la formule suivante : $FC(max) = 220 - \text{âge}$.

La fréquence cardiaque de repos est mesurée individuellement par chaque participant à domicile, au réveil, en position couchée, à l'aide d'une ceinture cardiofréquencemètre.

Le pourcentage d'intensité prévu par le protocole est ensuite appliqué à cette fréquence cardiaque de réserve à laquelle on vient additionner la FC de repos afin de déterminer la fréquence cardiaque cible d'entraînement : $FC(cible) = FC(repos) + (FCR * \% \text{ d'intensité})$.

2.2.1.1 Groupe MCT (Moderate Continuous Training)

Le groupe MCT réalise un exercice continu d'intensité modérée sur ergocycle. Chaque séance comprend :

- Warm-up : 5 minutes à 30 % d'intensité
- Exercice principal : 30 minutes continues à 50 % d'intensité
- Cool-down : 5 minutes à 20 % d'intensité

Les variables suivantes sont relevées :

- En fin d'échauffement : FC, wattage et échelle de Borg
- À la 15e minute de l'exercice principal : FC, wattage et Borg
- En fin de retour au calme : FC, wattage et Borg

2.2.1.2 Groupe HIIT (High-Intensity Interval Training)

Le groupe HIIT réalise un protocole intermittent alternant périodes de travail intense et récupération active sur ergocycle. Chaque séance comprend :

- Warm-up : 5 minutes à 30 % d'intensité
- Bloc principal : 28 minutes, composé de 8 cycles successifs :
 - 2 minutes à 85 % d'intensité

- 1 minute 30 de récupération active à 10 % d'intensité
- Cool-down : 5 minutes à 20 % d'intensité

Les variables suivantes sont relevées :

- En fin d'échauffement : FC, wattage et Borg
- Lors du 4e cycle de travail : FC, wattage et Borg
- En fin de retour au calme : FC, wattage et Borg

2.2.1.3 Groupe stretching

Le groupe stretching réalise un protocole alternant étirements statiques, étirements dynamiques, posture, yoga statique pendant 30 minutes. Cependant, la FC, le wattage et Borg n'ont pas été monitorés car cette modalité ne devait théoriquement pas induire de modification significative de ces variables.

- Phase de repos (Semaines 13 à 16) : Après les 12 semaines d'entraînement, la phase de repos comprend 4 semaines sans activité. La phase de repos se poursuit jusqu'à la réévaluation finale pour observer la persistance des effets ou l'impact de l'arrêt de l'exercice.

2.3 Mesures réalisées

2.3.1 Tests pré et postintervention

Dans notre étude, le suivi des participants comprend cinq tests. Les tests offrent une évaluation multiple (physiologique, fonctionnelle et psychologique).

Le calendrier des évaluations était organisé de cette façon :

1. Évaluation initiale (T0) : Celle-ci est réalisée une semaine avant le début des séances afin d'établir le profil de base des participants.
2. Suivis intermédiaires (S4 et S8) : Des évaluations ciblées de la fonction musculaire sont réalisées aux semaines 4 et 8 afin de suivre l'évolution des participants au cours de l'intervention.
3. Fin d'intervention (T1) : Une évaluation complète est réalisée une semaine après la 36e séance d'entraînement.

4. Fin de participation (T2) : Une évaluation finale est réalisée quatre semaines après l'arrêt de l'intervention, dans le but d'observer d'éventuelles persistance des adaptations.

2.3.2 Variables mesurées

Le cœur de ce travail repose sur l'analyse de la fonction musculaire. Les tests de suivi longitudinal de la fonction musculaire effectués pendant la visite de référence (T0) et répétés pendant les phases de suivi comprennent :

1. Force de préhension (Handgrip) : La force moyenne maximale de préhension est mesurée à l'aide d'un dynamomètre à main (JAMAR®) après 3 mesures consécutives de la main dominante.
2. Test du lever de chaise (5-times Sit-to-Stand) : Le test du lever de chaise (5-times Sit-to-Stand) consiste à chronométrer le temps nécessaire à la réalisation de cinq levers de chaise du participant. Le temps est noté en secondes.
3. Test d'équilibre (Balance test) : le test d'équilibre mesure la stabilité statique pendant 10 secondes pour chacune de ces 3 positions : les pieds joints, le semi-tandem et le tandem.

Ces 3 tests sont évalués individuellement, mais aussi combinés afin de mesurer le Liver Frailty Index (LFI) calculé comme suit : $LFI = (-0,330 \times \text{force de préhension ajustée au sexe}) + (-2,529 \times \text{temps d'équilibre total}) + (0,040 \times \text{temps du sit-to-stand}) + 6$.

Un score élevé traduit une altération de la fonction musculaire globale, alors qu'un score plus faible reflète un meilleur état fonctionnel. (Lai J., et al. Hepatology. 2017).

4. Dynamomètre isocinétique (Cybex®) : L'évaluation mesure la force maximale (Nm) des fléchisseurs (ischio-jambiers) et des extenseurs (quadriceps) du genou droit en fonction de la vitesse du mouvement. Le pic de force moyenne (peak torque) est mesuré après cinq mouvements d'extension et de flexion du genou droit à la vitesse de 60 degrés par seconde.

Les mesures anthropométriques et biologiques de routine sont également recueillies avant et après intervention.

2.3.3 Suivi intermédiaire et réévaluations

Pour évaluer l'évolution des participants, des contrôles sont programmés aux semaines 4 et 8. Ils incluent une réévaluation des mêmes tests de fonction musculaire décrits ci-dessus.

À la semaine 13 (T1), l'ensemble des mesures réalisées lors de l'évaluation initiale est répété. Une dernière évaluation est ensuite effectuée à T2, soit à la semaine 16, afin d'apprécier le maintien éventuel des adaptations après quatre semaines sans intervention supervisée.

2.4 Tests statistiques

L'ensemble des données est traité et analysé via le logiciel GraphPad Prism (version 10.6). Le seuil de signification statistique est fixé à $p < 0,05$.

2.4.1 Traitement des variables continues

La distribution des données et la normalité des résidus sont systématiquement vérifiées par le test de Shapiro-Wilk. Selon le profil de distribution :

- Les données sont exprimées sous forme de moyenne et déviation standard (distribution normale) ou de médiane et écart interquartile (distribution non normale).
- Comparaisons inter-groupes (non paires) : Test t de Student ou Mann-Whitney (2 groupes) ; ANOVA à un facteur ou Kruskal-Wallis (plus de 2 groupes).
- Comparaisons intra-sujets (pairees) : Test t pairé ou Wilcoxon (2 points de mesure) ; ANOVA pour mesures répétées ou Friedman (plus de 2 points de mesure).

2.4.2 Traitement des variables catégorielles

Les variables qualitatives sont présentées sous forme de proportions (%) et comparées à l'aide du test du Chi-carré.

3. Résultats

3.1 Population baseline

Au total, 11 participants atteints de MASLD ont été inclus depuis septembre 2025 dans l'étude et répartis selon la randomisation en trois groupes d'intervention : Stretching (n = 3), MCT (n = 4) et HIIT (n = 4).

À l'échelle de l'ensemble de la cohorte, les participants présentaient un profil compatible avec une population atteinte de MASLD associée à des altérations cardio-métaboliques. L'âge médian était de 57 ans (écart interquartile : 53–60), avec un IMC médian de 31,2 kg/m² (28,8–34,8) et un périmètre abdominal médian de 116,5 cm (108,5–130), traduisant une surcharge pondérale à prédominance abdominale.

Sur le plan fonctionnel, la force de préhension dominante médiane était de 40 kg (28–42), le temps au test du lever de chaise médian de 7,8 secondes (7–10,2), tandis que le Liver Frailty Index (LFI) médian s'élevait à 3,0 (2,5–3,5).

En isocinétisme, le pic de force du genou droit médian était de 113,8 Nm (81,7–138,6) en extension et de 62,4 Nm (53,5–71,2) en flexion.

Table. 2. Caractéristiques cliniques, métaboliques, hépatiques et fonctionnelles de l'ensemble de la cohorte au baseline (n = 11). Données exprimées en médiane [écart interquartile].

IMC : indice de masse corporelle ; CAP : paramètre d'atténuation contrôlée ; LSM : mesure de l'élasticité hépatique ; HOMA-IR : indice d'insulinorésistance ; GOT : glutamate oxaloacetate transaminase ; GPT : glutamate pyruvate transaminase ; PALC : phosphatases alcalines ; GGT : gamma-glutamyl transférase ; 25(OH)D3 : 25-hydroxyvitamine D3 ; LDL : lipoprotéines de basse densité ; HDL : lipoprotéines de haute

VARIABLES	MÉDIANE	ÉCART INTERQUARTILE
AGE – ANNÉES	57	53 – 60
IMC – KG/M ²	31.2	28.8 – 34.8
PÉRIMÈTRE ABDOMINAL – CM	116.5	108.5 – 130
CAP – DB/M	321	271 – 356
LSM – KPA	8.7	4.7 – 10.9
HÉMOGLOBINE – G/DL	14.5	13.4 – 15.4
PLAQUETTES – X10 ³ /MM ³	222	177 – 251
FERRITINE – G/L	238	160 – 303
GLUCOSE – MG/DL	103	99 – 130
INSULINE – PMOL/L	132.1	114.1 – 234.3
HOMA-IR	6.1	5 – 10.7
HBA1C - %	5.8	5.5 – 6.3
GOT – U/L	31	21 – 43
GPT – U/L	40	18 – 53
PALC – U/L	76	50 – 86
GGT – U/L	41	17 – 54
CHOLESTÉROL TOTAL – MG/DL	137	126 – 199
LDL-CHOLESTÉROL – MG/DL	69	60 – 112
HDL-CHOLESTÉROL – MG/DL	47	35 – 57
TRIGLYCÉRIDES – MG/DL	126	116 – 154
25(OH)D3	34	31 – 42
PETH – NG/ML	19.5	10 – 36.7
DOMINANT HG – KG	40	28 – 42
SIT-TO-STAND – SEC	7.8	7 – 10.2
LFI	3	2.5 – 3.5
RIGHT KNEE EXTENSION – NM	113.8	81.7 – 138.6
RIGHT KNEE FLEXION – NM	62.4	53.5 – 71.2

L'analyse comparative entre groupes en baseline n'a pas mis en évidence de différence statistiquement significative pour la majorité des variables cliniques, métaboliques, hépatiques et fonctionnelles ($p > 0,05$). Toutefois, certaines différences initiales étaient présentes, notamment pour la répartition par sexe ($p < 0,001$) ainsi que les concentrations en 25-hydroxyvitamine D3 (25(OH)D3) ($p = 0,027$). Aucune différence du pic de force en flexion du genou droit n'a également été observée ($p = 0,051$).

Table. 3. Caractéristiques cliniques, métaboliques, hépatiques et fonctionnelles des participants au baseline

VARIABLES	STRETCHING (N = 3)	MCT (N = 4)	HIIT (N = 4)	P-VALUE
AGE – ANNÉES	60 (54 – 65)	59 (57 – 61)	52 (48 – 53)	0.015
SEXE MASCULIN – N (%)	3 (100)	2 (50)	2 (50)	< 0.001
IMC – KG/M ²	28.8 (27 – 34.8)	32.1 (30.4 – 48.7)	31.9 (27.4 – 38.5)	0.620
PÉRIMÈTRE ABDOMINAL – CM	113 (108 – 130)	114 (102 – 165)	118 (106 – 128)	0.960
CAP – DB/M	321 (265 – 356)	314 (291 – 360)	299 (270 – 352)	0.799
HB – G/DL	14.7 (13.5 – 16.2)	13.8 (12 – 15.1)	14.5 (13.5 – 15.5)	0.444
PLAQUETTES – X10 ³ /MM ³	242 (185 – 248)	200 (167 – 282)	226 (143 – 339)	0.890
FERRITINE – G/L	238 (199 – 247)	276 (86 – 413)	168 (159 – 492)	0.713
GLUCOSE – MG/DL	102 (99 – 141)	101 (91 – 119)	127 (96 – 136)	0.724
INSULINE – PMOL/L	127 (27 – 189)	170 (121 – 2010)	129 (79 – 212)	0.620
HOMA-IR	5.2 (1.1 – 10.9)	6.4 (5.1 – 9.9)	7.1 (3.3 – 10.9)	0.819
HBA1C – %	5.5 (4.9 – 8.3)	5.8 (5.6 – 6.1)	6 (5.6 – 6.5)	0.720
GOT – U/L	22 (15 – 43)	31 (24 – 40)	29 (21 – 42)	0.842
GPT – U/L	40 (18 – 78)	39 (20 – 50)	40 (21 – 56)	0.868
PALC – U/L	67 (50 – 81)	84 (48 – 102)	72 (51 – 84)	0.761
GGT – U/L	41 (15 – 53)	38 (20 – 56)	38 (18 – 170)	0.838
CHOLESTÉROL TOTAL – MG/DL	134 (104 – 137)	138 (116 – 186)	189 (139 – 230)	0.306
LDL-CHOLESTÉROL – MG/DL	60 (47 – 62)	82 (56 – 112)	104 (70 – 135)	0.118
HDL-CHOLESTÉROL – MG/DL	47 (34 – 57)	47 (35 – 53)	47 (35 – 69)	0.767
TRIGLYCÉRIDES – MG/DL	116 (101 – 124)	140 (99 – 155)	145 (129 – 214)	0.255
25(OH)D3	35 (31 – 57)	39 (35 – 44)	30 (23 – 31)	0.027
PETH – NG/ML	10 (10 – 27)	0 (0 – 23)	6 (0 – 46)	0.609
FORCE DE PRÉHENSION MOYENNE – KG	42 (41 – 44)	35 (26 – 42)	32 (25 – 40)	0.113
TEST DU LEVER DE CHAISE – SEC	8.8 (7.8 – 16)	7.6 (7.1 – 14.4)	6.6 (5.9 – 9.4)	0.218
TEST D'ÉQUILIBRE – SEC	30 (30 – 30)	30 (30 – 30)	30 (30 – 30)	> 0.99
LIVER FRAILITY INDEX	3.1 (2.9 – 3.8)	3 (2.7 – 3.6)	2.6 (2.5 – 3.3)	0.303
PIC DE FORCE MOYENNE D'EXTENSION DU GENOU DROIT – NM	122.3 (121.5 – 139.2)	120.6 (86.3 – 164.6)	104.7 (81.7 – 130.5)	0.799
PIC DE FORCE MOYENNE DE FLEXION DU GENOU DROIT – NM	90.2 (69.3 – 95.1)	67.9 (61.8 – 102.5)	54.4 (49.3 – 65.1)	0.051
ÉLASTICITÉ HÉPATIQUE MOYENNE (FIBROSCAN) – KPA	5.4 (3.8 – 8.7)	7.2 (3.8 – 10.6)	11.7 (6.2 – 16.8)	0.246
PDFF HÉPATIQUE MOYENNE – %	19.9 (3.5 – 32.4)	16.5 (7.8 – 24.7)	11.6 (5.2 – 24.7)	0.913
ÉLASTICITÉ HÉPATIQUE MOYENNE (MRE) – KPA	3.2 (2.3 – 3.3)	3 (2.5 – 3.3)	3.2 (2.7 – 3.5)	0.890
PDFF MOYENNE DES PSOAS – %	7 (5.5 – 7.1)	5.6 (5 – 5.9)	4.8 (3.1 – 6.6)	0.281
PDFF MOYENNE DES ÉRECTEURS DU RACHIS – %	10.3 (8.2 – 22.5)	10.6 (8.3 – 13.1)	7.5 (4.5 – 12)	0.539
PDFF MOYENNE DE LA CUISSE DROITE – %	7.4 (6.3 – 8)	5 (4.1 – 5.5)	4.6 (3.4 – 5.9)	0.040
PDFF MOYENNE DE LA JAMBE DROITE – %	9.6 (6.4 – 15)	6.2 (4.9 – 10)	5.4 (4.4 – 6.5)	0.201
INDEX MUSCULAIRE SQUELETTIQUE – CM ² /M ²	48.7 (37.4 – 70.3)	45.3 (41.3 – 57.5)	48.5 (36.3 – 55.5)	0.913

3.2 Adhérence au protocole et intensité réelle des séances

Le taux de participation aux séances supervisées était élevé dans les trois groupes d'intervention. Il était de 92,6 % dans le groupe Stretching, de 93,8 % dans le groupe MCT et de 91,7 % dans le groupe HIIT. Aucune différence statistiquement significative du taux de participation n'a été observée entre les groupes ($p = 0,858$; test du Chi-carré), indiquant une adhérence comparable au protocole quelle que soit la modalité d'exercice proposée.

L'intensité atteinte pendant chaque séance a été mesurée et exprimée en pourcentage de l'intensité cible prévue. Une valeur de 100 % indique que l'intensité atteint exactement la cible. Dans le groupe MCT, les participants ont généralement gardé une intensité proche de la cible pendant tout le protocole. Dans le groupe HIIT, l'intensité réalisée variait davantage et était souvent inférieure à la cible. Ces résultats montrent que les participants rencontrent une difficulté plus grande pour atteindre l'intensité cible dans ce type d'entraînement.

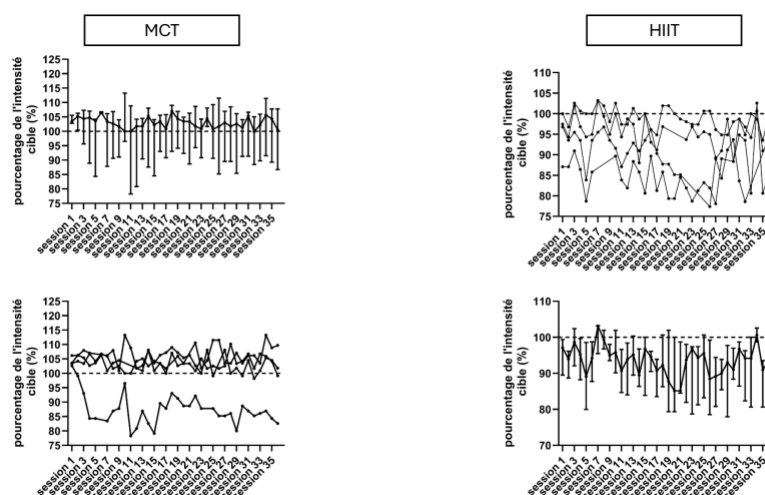


Fig. 2. Évolution de l'intensité réellement atteinte au cours des séances d'entraînement dans les groupes MCT et HIIT. Les graphiques supérieurs présentent les médianes $\pm$ écart interquartile au cours du temps, tandis que les graphiques inférieurs montrent les données individuelles par participant.

3.3 Évolution des paramètres anthropométriques

L'évolution des paramètres anthropométriques a principalement été analysée à travers l'indice de masse corporelle (IMC), mesuré aux différentes étapes du protocole (S0, S4, S8, S13 et S16) dans chacun des trois groupes d'intervention.

À l'analyse intra-groupe par test de Friedman, aucune variation statistiquement significative de l'IMC n'a été observée au cours du temps, que ce soit dans le groupe Stretching, le groupe MCT ou le groupe HIIT ($p > 0,05$ pour l'ensemble des comparaisons).

Sur le plan descriptif, l'IMC médian est resté relativement stable au cours des 16 semaines de suivi. Dans le groupe Stretching, il est passé d'environ 28,8 kg/m² à 29,8 kg/m², tandis qu'il est demeuré proche de 32 kg/m² dans le groupe MCT tout au long du protocole. Dans le groupe HIIT, les valeurs sont également restées autour de 32 kg/m², sans variation importante sur le plan clinique.

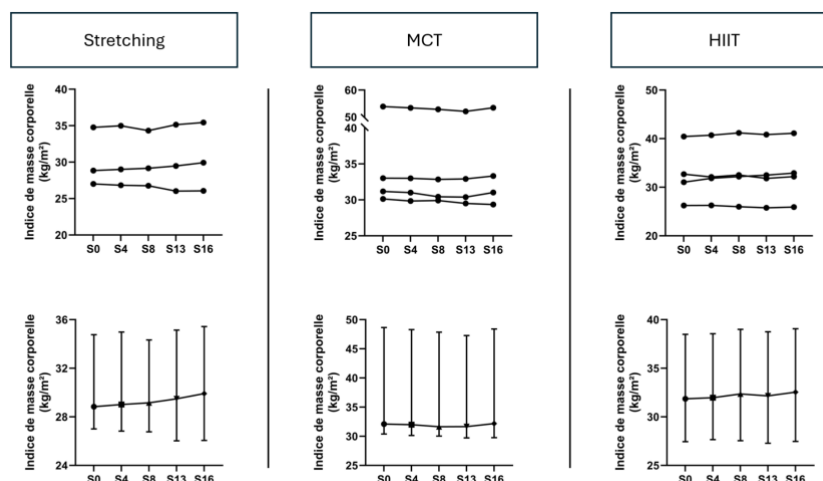


Fig. 3. Évolution de l'IMC entre S0 et S16 dans les groupes Stretching, MCT et HIIT. Les graphiques supérieurs représentent l'évolution individuelle de chaque participant au cours du suivi, tandis que les graphiques inférieurs présentent l'évolution des valeurs médianes du groupe.

L'analyse des trajectoires individuelles va dans le même sens, avec des variations limitées entre les différentes visites et sans modification pondérale majeure chez la majorité des participants.

Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que les interventions mises en place n'ont pas induit de changement significatif du poids corporel au cours de la période étudiée. Cela suggère que les éventuelles adaptations fonctionnelles observées ultérieurement ne peuvent être attribuées à une perte de poids significative.

3.4 Évolution de la fonction musculaire

Les mesures de force musculaire ont pour rappel été réalisées aux semaines S0, S4, S8, S13 et S16 afin d'apprécier l'évolution des capacités fonctionnelles au cours du protocole.

3.4.1 Groupe Stretching

Dans le groupe Stretching, une augmentation significative de la force de préhension moyenne a été observée entre S0 et S4 ($p = 0,0399$). La médiane est passée

d'environ 33 kg à 45 kg à la quatrième semaine. Toutefois, cette amélioration n'a pas été maintenue de manière linéaire par la suite, avec une fluctuation des valeurs aux temps ultérieurs.

Concernant le test du lever de chaise, une tendance à l'amélioration a été observée au cours du suivi, avec une diminution du temps de réalisation entre S0 et S8, traduisant une meilleure performance fonctionnelle. Néanmoins, cette évolution n'atteignait pas le seuil de significativité statistique.

Le LFI montrait également une tendance favorable initiale, avec une diminution entre S0 et S8, avant une relative stabilisation jusqu'à S16, sans différence statistiquement significative.

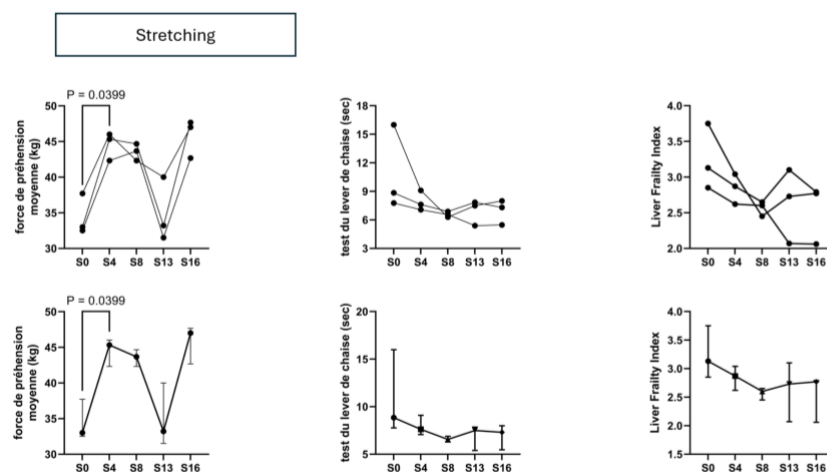


Fig. 4. Évolution des tests de fonction musculaire entre S0 et S16 dans le groupe HIIT. Les graphiques supérieurs représentent l'évolution individuelle de chaque participant au cours du suivi, tandis que les graphiques inférieurs présentent l'évolution des valeurs médianes du groupe.

3.4.2 Groupe MCT

Dans le groupe MCT, aucune variation significative n'a été observée pour les trois variables étudiées ($p > 0,05$).

D'un point de vue descriptif, la force de préhension variait peu au cours du suivi, malgré quelques différences individuelles entre les participants. Le temps au test du lever de chaise diminuait légèrement jusqu'à S8, avant de revenir vers les valeurs observées au début du protocole à S16. Une évolution similaire était observée pour le LFI, avec une diminution ponctuelle à S8, traduisant une amélioration fonctionnelle temporaire qui n'était toutefois pas confirmée sur le plan statistique.

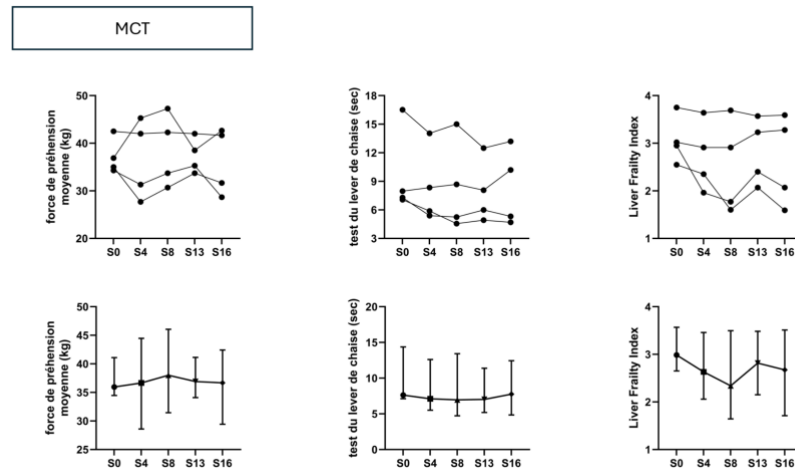


Fig. 5. Évolution des tests de fonction musculaire entre S0 et S16 dans le groupe MCT. Les graphiques supérieurs présentent les trajectoires individuelles, et les graphiques inférieurs les médianes du groupe.

3.4.3 Groupe HIIT

Dans le groupe HIIT, aucune évolution significative n'a également été observée pour la force de préhension, le test du lever de chaise ou le LFI ($p > 0,05$).

Néanmoins, les analyses descriptives suggèrent une amélioration progressive du test du lever de chaise entre S0 et S8, avec des temps plus faibles traduisant une meilleure capacité fonctionnelle. Le LFI diminuait également jusqu'à S8 avant de remonter légèrement à S13 puis de se stabiliser à S16. La force de préhension présentait une variabilité interindividuelle plus marquée, sans tendance homogène au sein du groupe.

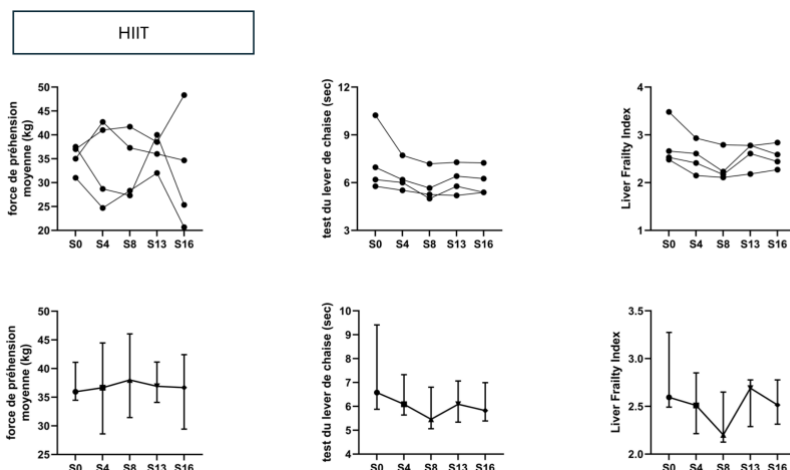


Fig. 6. Évolution des tests de fonction musculaire entre S0 et S16 dans le groupe HIIT. Les graphiques supérieurs présentent les trajectoires individuelles, et les graphiques inférieurs les médianes du groupe avec écart interquartile.

3.4.4 Synthèse des résultats de la fonction musculaire

Dans l'ensemble, aucune amélioration significative globale de la fonction musculaire n'a été observée au sein des groupes, à l'exception d'une augmentation transitoire de la force de préhension dans le groupe Stretching entre S0 et S4. Cependant, plusieurs tendances descriptives favorables ont été observées, notamment sur le test du lever de chaise et le LFI dans les groupes MCT et HIIT. Cela suggère un possible bénéfice fonctionnel devant être confirmé sur un effectif plus important.

3.5 Évolution de la force musculaire par dynamomètre isocinétique

La force musculaire objective des membres inférieurs a été évaluée par dynamométrie isocinétique au niveau du membre inférieur droit. Les mesures ont été réalisées aux semaines S0, S4, S8, S13 et S16 afin d'étudier l'évolution de la force musculaire au cours du protocole.

3.5.1 Groupe Stretching

Dans le groupe Stretching, aucune variation significative n'a été observée au cours du suivi pour le pic de force en extension ou en flexion du genou droit ($p > 0,05$). Sur le plan descriptif, les valeurs médianes sont restées relativement stables entre S0 et S16. De légères fluctuations ont été observées aux temps intermédiaires, sans tendance nette à l'amélioration ou à la détérioration de la performance musculaire.

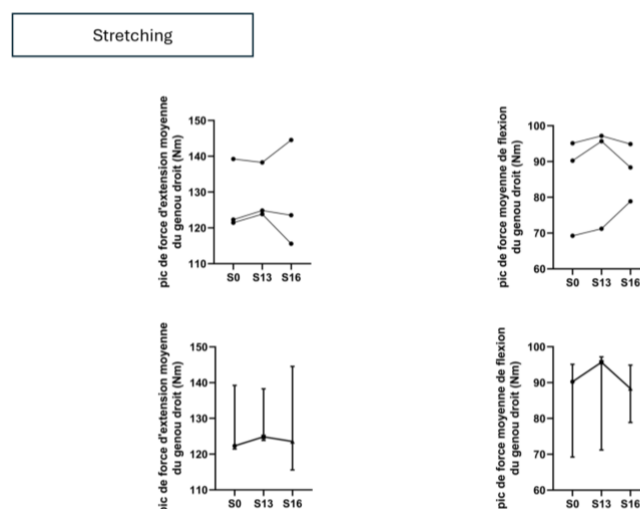


Fig. 7. Évolution des tests d'isocinétisme entre S0 et S16 dans le groupe stretching. Les graphiques supérieurs présentent les trajectoires individuelles, et les graphiques inférieurs les médianes du groupe avec écart interquartile.

3.5.2 Groupe MCT

Dans le groupe MCT, aucune évolution significative n'a été mise en évidence pour la force isocinétique en extension ou en flexion du genou droit ($p > 0,05$).

Sur le plan descriptif, les valeurs médianes semblent augmenter progressivement au cours de la phase d'intervention, avec un niveau maximal observé autour de S13. Après l'arrêt du programme, une légère diminution est ensuite observée à S16. Aussi bien pour l'extension que la flexion du genou droit.

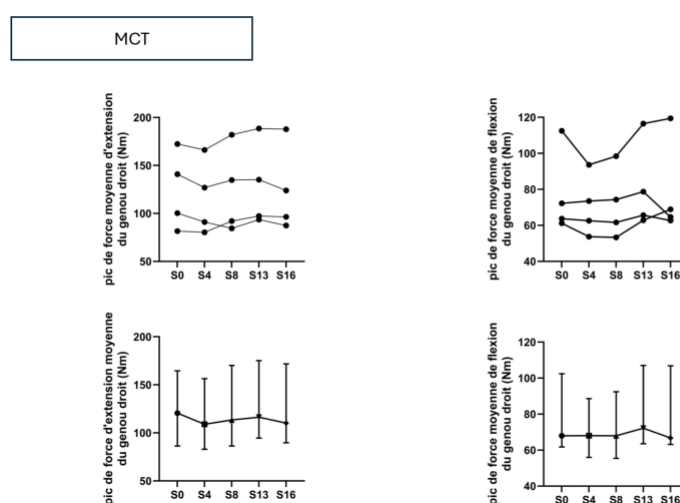


Fig. 8. Évolution des tests d'isocinétisme entre S0 et S16 dans le groupe MCT. Les graphiques supérieurs présentent les trajectoires individuelles, et les graphiques inférieurs les médianes du groupe avec écart interquartile.

3.5.3 Groupe HIIT

Dans le groupe HIIT, aucune différence significative n'a également été observée au cours du temps pour les deux paramètres isocinétiques étudiés ($p > 0,05$).

Néanmoins, les représentations descriptives mettent en évidence une amélioration plus marquée que dans les autres groupes. Concernant la flexion du genou droit, une augmentation rapide des valeurs médianes était visible dès S4, avec un maintien global jusqu'à S16. Pour l'extension du genou, la progression apparaissait plus progressive, principalement à partir de S8 et S13.

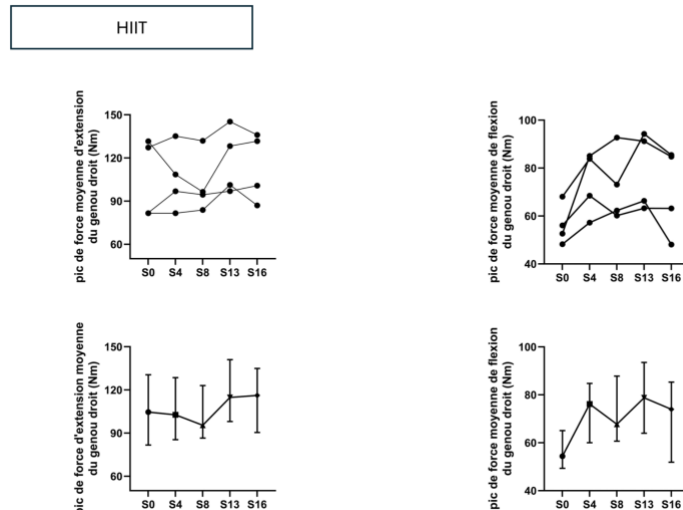


Fig. 9. Évolution des tests d'isocinétisme entre S0 et S16 dans le groupe HIIT. Les graphiques supérieurs présentent les trajectoires individuelles, et les graphiques inférieurs les médianes du groupe avec écart interquartile.

3.5.4 Synthèse des résultats isocinétiques

Dans l'ensemble, aucune amélioration intra-groupe statistiquement significative de la force isocinétique n'a été observée au sein des trois modalités d'intervention.

Les données descriptives mettent toutefois en évidence des évolutions différentes selon les groupes. Le groupe Stretching présente une stabilité globale des valeurs au cours du suivi, alors que les groupes MCT et, plus nettement encore, HIIT montrent une évolution plus favorable pendant la période d'intervention. Cette évolution apparaît particulièrement visible dans le groupe HIIT pour la force isocinétique en flexion du genou droit.

3.6 Comparaisons inter-groupes

3.6.1 Comparaisons inter-groupes des variations entre T0 et T1

Les comparaisons inter-groupes ont été réalisées sur les variations observées (delta) entre T0 (semaine 0) et T1 (semaine 12), correspondant à la fin de la phase d'intervention supervisée. Les analyses ont porté sur les mêmes tests de fonction musculaire. Les comparaisons statistiques ont été effectuées à l'aide d'une ANOVA non paramétrique non appariée ou d'un test de Kruskal-Wallis selon la distribution des variables.

Concernant la fonction musculaire, aucune différence statistiquement significative entre les groupes Stretching, MCT et HIIT n'a été observée pour l'évolution de la force de préhension, du test du lever de chaise ou du LFI ($p > 0,05$).

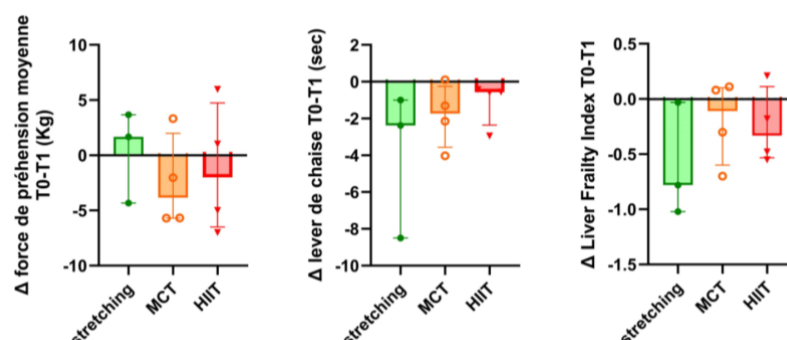


Fig. 10. Comparaison inter-groupes des variations de fonction musculaire entre T0 et T1.

De même, aucune différence inter-groupe significative n'a été mise en évidence pour la variation du pic de force isocinétique en extension du genou droit ($p > 0,05$).

En revanche, une différence statistiquement significative a été observée pour la variation du pic de force isocinétique en flexion du genou droit ($p = 0,0426$). L'analyse post-hoc a montré une amélioration supérieure dans le groupe HIIT comparativement au groupe MCT entre T0 et T1.

D'un point de vue descriptif, l'évolution de cette variable apparaît plus favorable dans le groupe HIIT. À l'inverse, les groupes Stretching et MCT présentent des changements moins marqués, avec des réponses plus variables selon les participants.

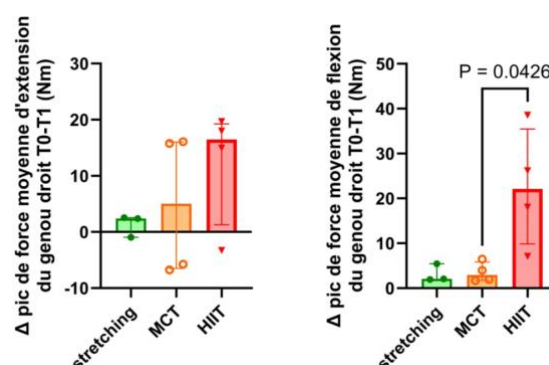


Fig. 11. Comparaison inter-groupes des variations de force musculaire entre T0 et T1.

3.6.2 Comparaisons inter-groupes des variations entre T1 et T2

Les comparaisons inter-groupes des variations entre T1 et T2 ont ensuite permis d'évaluer l'évolution des paramètres musculaires durant les quatre semaines suivant l'arrêt de l'intervention supervisée. Aucune différence significative entre les groupes n'a été observée pour l'ensemble des tests réalisés.

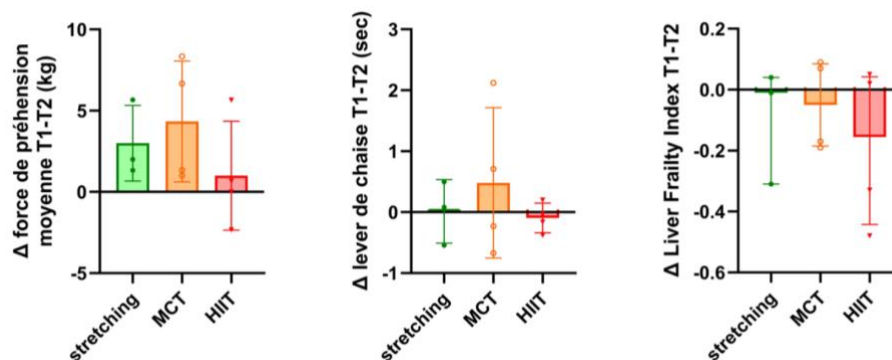


Fig. 12. Comparaison inter-groupes des variations de fonction musculaire entre T1 et T2.

Notons une tendance plus importante pour le groupe HIIT à la diminution du pic de force isocinétique en flexion du genou droit par rapport aux 2 autres groupes. Les données suggèrent que le pic de force isocinétique diminue davantage dans le groupe HIIT entre T1 et T2.

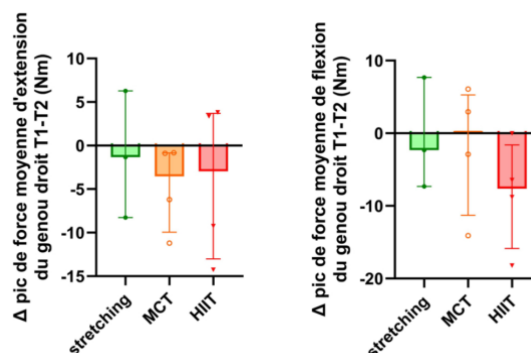


Fig. 13. Comparaison inter-groupes des variations de force musculaire entre T1 et T2.

3.6.3 Synthèse des comparaisons inter-groupes

Dans l'ensemble, les trois modalités d'intervention ont entraîné des évolutions comparables pour la majorité des paramètres fonctionnels étudiés. Toutefois, le HIIT s'est distingué par une amélioration significative de la force des fléchisseurs du genou droit par rapport au MCT, constituant le principal résultat comparatif mis en évidence dans cette étude.

L'analyse de la période post-intervention suggère cependant que cette amélioration pourrait être partiellement atténuée après l'arrêt du programme supervisé, notamment pour la force isocinétique en flexion du genou droit

3.7 Synthèse des résultats principaux

Au total, 11 participants atteints de MASLD ont été inclus et répartis entre les groupes Stretching (n = 3), MCT (n = 4) et HIIT (n = 4). La population étudiée présentait un profil compatible avec une MASLD associée à des altérations métaboliques, caractérisé notamment par une surcharge pondérale, une adiposité abdominale marquée, une insulino-résistance et une stéatose hépatique confirmée.

Le taux de participation était élevé et comparable entre les trois groupes, sans différence statistiquement significative, ce qui indique une bonne adhérence globale au protocole. En revanche, l'analyse de l'intensité réellement réalisée montre que les participants du groupe HIIT atteignaient moins régulièrement l'intensité cible que ceux du groupe MCT, malgré un taux de participation comparable.

Concernant les paramètres anthropométriques, aucune modification significative de l'IMC n'a été observée au cours du protocole, et ce dans les trois groupes. Ces résultats indiquent donc l'absence de changement pondéral important pendant la période d'intervention.

Concernant la fonction musculaire, aucune amélioration intra-groupe significative n'a été mise en évidence pour la majorité des variables étudiées. La seule différence significative observée concernait une augmentation transitoire de la force de préhension entre S0 et S4 dans le groupe Stretching. Néanmoins, les analyses descriptives suggéraient des tendances favorables, particulièrement dans les groupes MCT et HIIT, notamment pour le test du lever de chaise et le LFI.

De même, aucune variation intra-groupe significative n'a été retrouvée pour les paramètres de force isocinétique. Toutefois, les groupes MCT et surtout HIIT présentaient des profils d'évolution plus favorables que le groupe Stretching au cours de la phase d'intervention.

Les comparaisons inter-groupes entre T0 et T1 ont montré une seule différence statistiquement significative, correspondant à une amélioration plus importante de

la force isocinétique en flexion du genou droit dans le groupe HIIT comparativement au groupe MCT ($p = 0,0426$).

L'analyse des variations entre T1 et T2 montre ensuite une diminution plus importante de la force en flexion du genou droit dans le groupe HIIT après l'arrêt de l'intervention. Ceci pourrait indiquer que les gains observés en fin de programme ne se maintiennent que partiellement après l'arrêt de l'encadrement.

Dans l'ensemble, malgré l'absence de différences significatives pour la majorité des variables étudiées, les résultats obtenus orientent vers un effet potentiellement plus favorable du HIIT sur certaines composantes de la fonction musculaire chez les patients atteints de MASLD, en particulier au niveau des fléchisseurs du genou.

Cependant, cette interprétation doit être nuancée par le fait que l'intensité cible du HIIT n'a pas toujours été atteinte et que certaines adaptations pourraient diminuer après l'arrêt du programme supervisé.

4. Discussion

4.1 Interprétation principale des résultats

Les résultats de cette étude suggèrent que les différentes modalités d'exercice physique évaluées n'induisent pas les mêmes adaptations musculaires chez les patients atteints de MASLD. Les analyses intra-groupes ne permettent pas, pour la majorité des variables, de conclure à une amélioration significative. Néanmoins, l'examen descriptif des données laisse apparaître des évolutions plus favorables chez les participants ayant réalisé un entraînement aérobie, avec un signal plus marqué dans le groupe HIIT. L'un des enseignements majeurs de ce travail concerne l'évolution de la performance isocinétique des fléchisseurs du genou droit. Entre T0 et T1, la force augmente plus chez les sujets du groupe HIIT que chez les sujets du groupe MCT. Ce résultat montre clairement l'impact particulier de l'entraînement intermittent sur les ischio-jambiers. Cela voudrait dire que le HIIT impose des contraintes mécaniques et une forte sollicitation métabolique. Cette combinaison créerait des adaptations neuromusculaires que l'exercice continu à intensité modérée ne parviendrait pas à produire aussi rapidement.

Plusieurs éléments physiologiques peuvent être mobilisés pour interpréter ce résultat. Le HIIT repose sur une alternance entre des périodes d'effort intense et des phases de récupération active. Cette organisation impose des sollicitations répétées des membres inférieurs, avec une production de force plus rapide, un recrutement probablement plus important des unités motrices à haut seuil et une sollicitation neuromusculaire plus marquée. Ce type de contrainte pourrait donc favoriser certaines adaptations musculaires de manière plus spécifique que le MCT, dont les effets sont davantage orientés vers les adaptations cardio-respiratoires et métaboliques.

Les données relatives à l'intensité réellement atteinte nuancent toutefois cette interprétation. Malgré un taux de participation élevé et comparable entre les groupes, les participants du groupe HIIT n'ont pas toujours atteint l'intensité cible prévue. Les valeurs observées étaient plus variables et se situaient régulièrement sous les 100 % de la cible, alors que le groupe MCT restait globalement proche de l'intensité prescrite. Ce résultat montre que la présence aux séances ne suffit pas à garantir que le stimulus physiologique attendu soit effectivement réalisé. Ainsi, les effets observés dans le groupe HIIT doivent être interprétés en tenant compte de

cette intensité parfois inférieure à celle prévue, ce qui pourrait aussi contribuer à expliquer l'absence de significativité pour plusieurs autres variables.

L'étude des écarts entre T1 et T2 montre comment les bénéfices persistent après la fin de l'encadrement. Pour la force isocinétique de la flexion du genou droit, le groupe HIIT semble perdre plus rapidement les acquis que le groupe MCT. Cette observation indique que les adaptations obtenues par la haute intensité sont fragiles : le groupe HIIT augmente les performances à court terme, mais les gains dépendent fortement de la régularité et peuvent disparaître rapidement si le suivi n'est pas maintenu.

De son côté, le groupe MCT n'a pas montré de progression flagrante sur le plan musculaire. Si l'on note quelques tendances positives, rien n'est statistiquement solide. Cette modalité reste cependant intéressante : elle est plus accessible et mieux vécue par les patients, même si son impact neuromusculaire est moins percutant. Son rôle est sans doute plus à chercher du côté de la santé cardio-métabolique que de la force pure. Quant au groupe stretching, la stabilité est de mise. Le petit pic de force de préhension entre S0 et S4 ressemble plus à un effet d'apprentissage du test qu'à une véritable transformation musculaire.

4.2 Comparaison avec la littérature

Les résultats observés dans cette étude s'inscrivent globalement dans la continuité des données actuellement disponibles concernant les effets bénéfiques de l'exercice physique chez les patients atteints de MASLD. De nombreuses revues systématiques et méta-analyses ont montré que l'activité physique régulière améliore le phénotype métabolique de ces patients, notamment par une réduction du contenu en graisse hépatique, une amélioration de la sensibilité à l'insuline et une amélioration de certains marqueurs cardio-métaboliques, parfois même en l'absence de perte pondérale importante (Hashida et al., 2017; Houttu et al., 2022; Huang et al., 2024; Keating et al., 2023; Liu et al., 2023; Sabag et al., 2022; Xiong et al., 2021).

Cependant, la majorité de ces travaux se sont principalement concentrés sur des critères hépatiques ou métaboliques, tandis que la fonction musculaire a été beaucoup moins étudiée. Ce constat rejoint directement la problématique du présent mémoire. Malgré le rôle central du muscle squelettique dans l'homéostasie

glucidique et lipidique, peu d'études ont évalué de manière approfondie l'impact des différentes modalités d'exercice sur la force musculaire, la performance fonctionnelle ou les capacités neuromusculaires chez les patients atteints de MASLD (Henin et al., 2024; Targher et al., 2025).

L'absence d'amélioration statistiquement significative pour la majorité des paramètres mesurés dans notre étude reste cohérente avec l'hétérogénéité des résultats retrouvés dans la littérature interventionnelle. Plusieurs travaux montrent que les bénéfices de l'exercice sont souvent plus clairement observés sur les paramètres hépatiques, notamment la réduction du contenu en graisse hépatique, l'amélioration de la stéatose ou l'évolution de certains marqueurs biologiques hépatiques, ainsi que sur les variables métaboliques, que sur les performances musculaires, surtout lorsque les programmes sont de courte durée, réalisés sur de petits effectifs ou ne comportent pas de composante spécifique de renforcement musculaire (Houttu et al., 2022; Sabag et al., 2022).

Concernant plus spécifiquement le HIIT, nos résultats suggérant un avantage sur la force isocinétique en flexion du genou rejoignent certaines données montrant que l'entraînement intermittent à haute intensité peut induire des adaptations périphériques rapides malgré un volume d'entraînement réduit (Mascaró et al., 2022). Le HIIT est associé à une amélioration de la capacité oxydative musculaire, de la fonction mitochondriale, de la sensibilité à l'insuline et parfois de la performance fonctionnelle, avec une efficacité comparable à l'exercice continu modéré sur plusieurs paramètres métaboliques (Keating et al., 2023; Sabag et al., 2022).

Dans la population MASLD où les anomalies musculaires squelettiques sont fréquentes, cet élément est particulièrement intéressant. Un stimulus plus intense pourrait représenter un levier pertinent pour solliciter davantage les capacités neuromusculaires et potentiellement contrecarrer ces anomalies associées à la maladie (Henin et al., 2024; Xue et al., 2024).

Toutefois, nos données montrent également que l'intensité cible du HIIT n'a pas toujours été atteinte. Cette observation est importante, car elle rappelle qu'un protocole théoriquement intense n'est pas nécessairement réalisable comme tel en pratique clinique. Chez des patients atteints de MASLD, souvent porteurs de

comorbidités métaboliques et parfois déconditionnés, atteindre des intensités élevées peut représenter une contrainte importante. Cette observation va dans le sens des recommandations de prudence qui soulignent l'importance d'adapter la prescription d'exercice aux caractéristiques cliniques et fonctionnelles de chaque patient (Keating et al., 2023). A contrario, l'absence d'accident ou d'événement indésirable majeur au cours de l'intervention constitue un élément rassurant concernant la faisabilité et la sécurité de ces modalités d'exercice, à condition qu'elles soient réalisées dans un cadre supervisé et individualisé.

De son côté, le MCT ne montre pas de supériorité nette sur les variables musculaires étudiées, ce qui reste cohérent avec les données disponibles. Cette modalité est surtout reconnue pour ses effets bénéfiques sur les paramètres métaboliques et cardiovasculaires. En revanche, ses effets sur la force maximale semblent plus limités lorsqu'elle n'est pas associée à un travail de renforcement musculaire. À ce titre, plusieurs travaux suggèrent que les programmes combinant exercice aérobie et renforcement pourraient constituer une approche plus complète chez les patients atteints de MASLD (Xue et al., 2024).

Dans le groupe stretching, les modifications observées restent limitées, ce qui correspond au type de stimulus proposé. Malgré le fait que le stretching améliore la mobilité des articulations en plus de détendre les muscles et les tendons, il ne fournit pas un stimulus mécanique suffisant pour produire des gains de force importants. Dans ce cadre, l'augmentation temporaire de la force de préhension observée entre le départ et la quatrième semaine de suivi doit être considérée avec prudence. Plutôt que d'y voir une vraie transformation du tissu musculaire, ce résultat provient probablement de l'effet d'apprentissage du test par le sujet ou de la variabilité naturelle des mesures de terrain.

Enfin, l'analyse entre T1 et T2 apporte un élément intéressant sur le maintien des adaptations. La diminution plus marquée de la force en flexion du genou droit dans le groupe HIIT après l'arrêt du programme supervisé laisse penser que les adaptations neuromusculaires obtenues avec une modalité plus intense pourraient nécessiter une poursuite régulière de l'entraînement pour être maintenues.

Cela rejoint l'idée selon laquelle les bénéfices de l'exercice dans la MASLD ne doivent pas être envisagés uniquement comme une réponse à court terme, mais

comme le résultat d'une pratique durable et intégrée au mode de vie (Keating et al., 2023; Romero-Gómez et al., 2017).

Dans l'ensemble, la présente étude renforce l'idée que toutes les modalités d'exercice ne produisent pas exactement les mêmes effets. Le MCT reste pertinent pour la santé cardio-métabolique globale et semble plus facilement réalisable à l'intensité prescrite, tandis que le HIIT pourrait présenter un intérêt spécifique sur certaines dimensions musculaires, à condition que l'intensité soit suffisamment atteinte et que les adaptations soient entretenues dans le temps.

4.3 Limitations de l'étude

Cette étude présente plusieurs limitations impactant ses résultats.

Premièrement, la taille de l'échantillon est à ce jour limitée. Au total, onze participants ont été inclus dans l'étude et répartis entre les trois groupes d'intervention : Stretching (n = 3), MCT (n = 4) et HIIT (n = 4). Un effectif aussi restreint limite fortement la puissance statistique et augmente le risque d'erreur de type II, qui est le risque de ne pas détecter une différence pourtant présente. Cette limite est fréquente dans les études pilotes ou exploratoires, en particulier lorsqu'elles portent sur des interventions supervisées auprès de populations cliniques spécifiques, pour lesquelles le recrutement peut être difficile.

Deuxièmement, la population étudiée est très hétérogène avec des différences parfois importantes en termes d'âge, de sexe, d'adiposité, de condition physique initiale, de comorbidités métaboliques ou encore de sévérité de l'atteinte hépatique. La réponse à l'exercice peut être influencée par ces caractéristiques. Ceci peut également expliquer l'adaptation plus rapide au programme de certains participants, alors que d'autres présentent des changements plus limités malgré une intervention similaire.

Cette hétérogénéité est également présente dans les caractéristiques initiales des groupes. Malgré l'absence de différence significative pour la majorité des variables au baseline, certains déséquilibres étaient présents. Et ce, pour la répartition par sexe et les taux circulants en 25-hydroxyvitamine D3. Ces éléments peuvent avoir influencé les réponses observées, dans la mesure où le sexe est associé à des différences de masse musculaire, de force initiale et de réponses physiologiques à

l'entraînement. De même, le statut en vitamine D pourrait être lié à la fonction musculaire, bien que le présent travail ne permette pas d'en isoler spécifiquement l'effet.

Troisièmement, la durée de l'intervention reste faible. Le programme supervisé a duré douze semaines, une durée qui peut suffire à provoquer des adaptations métaboliques ou cardiovasculaires. Cependant, la durée peut être trop courte pour mettre en évidence des améliorations musculaires importantes et détectables statistiquement, surtout chez des patients qui présentent un déconditionnement physique, une insulino-résistance ou une altération de la qualité musculaire.

Quatrièmement, il faut également tenir compte de la nature du stimulus proposé. Les groupes MCT et HIIT suivaient tous deux un entraînement aérobic réalisé sur ergocycle. Ce type d'exercice sollicite principalement les membres inférieurs et peut donc avoir un effet sur certaines dimensions de la fonction musculaire. Toutefois, il ne s'agit pas d'un entraînement de renforcement musculaire à proprement parler. Les gains de force maximale mesurés par dynamométrie isocinétique peuvent donc logiquement être plus limités que ceux attendus après un programme spécifiquement orienté vers le développement de la force.

L'examen de la charge interne réellement supportée par les participants est riche d'enseignements. Si les sujets du groupe MCT ont maintenu une intensité fidèle aux prescriptions, ceux du groupe HIIT ont présenté une réponse plus hétérogène, se situant régulièrement en deçà des zones cibles. Ce décalage suggère que, bien que l'assiduité aux séances (taux de participation) soit satisfaisante, le stimulus physiologique effectif a été minoré. Ce manque de "dose" d'intensité pourrait expliquer pourquoi certains bénéfices attendus du HIIT ne sont pas aussi marqués qu'espéré dans nos résultats, la contrainte métabolique réelle n'ayant pas toujours atteint le seuil requis pour déclencher les adaptations recherchées. Cela pourrait contribuer à expliquer l'absence de significativité statistique pour certaines variables, malgré des évolutions descriptives favorables.

Enfin, la sensibilité des outils d'évaluation doit aussi être prise en compte. Les tests que nous avons employés (la force de préhension, le lever de chaise, l'équilibre, le Liver Frailty Index et l'isocinétisme) sont utiles en clinique, mais certains ne détectent pas les changements légers. Par exemple, le test d'équilibre était déjà

normal pour tous les participants au départ, et la normalité du test d'équilibre rend compliqué de détecter une amélioration. De façon plus générale, chez des patients qui restent assez fonctionnels, les petites adaptations échappent souvent à ces outils.

L'utilisation de tests non paramétriques, justifiée par la petite taille d'échantillon et la distribution des données, peut parfois réduire la sensibilité statistique si l'on compare à des modèles paramétriques sur des effectifs plus importants. Ce choix méthodologique était approprié, mais il rappelle que les résultats doivent être interprétés dans une logique exploratoire plutôt que confirmatoire.

En définitive, le faible nombre de résultats significatifs semble surtout lié aux limites méthodologiques propres à cette étude pilote, plutôt qu'à une absence certaine d'effet des interventions. Les évolutions descriptives observées, en particulier dans le groupe HIIT, indiquent qu'un échantillon plus large, une intervention plus longue, un meilleur contrôle de l'intensité réellement réalisée et/ou l'ajout d'un travail de renforcement musculaire pourraient permettre de mieux objectiver les effets de l'exercice sur la fonction musculaire dans de futurs travaux.

4.4 Perspectives

Les résultats de cette étude ouvrent plusieurs perspectives de recherche. La première concerne la nécessité de poursuivre le recrutement afin d'augmenter la taille de l'échantillon. Le faible effectif actuel limite la puissance statistique et ne permet pas de conclure définitivement quant à la supériorité d'une modalité d'exercice sur une autre. L'inclusion d'un plus grand nombre de participants permettra de confirmer ou d'infirmer les signaux observés, notamment l'amélioration plus importante de la force isocinétique en flexion du genou droit dans le groupe HIIT.

Une autre piste serait d'analyser plus précisément les profils de réponse à l'entraînement. Les patients atteints de MASLD ne constituent pas un groupe homogène : ils peuvent différer sur le plan clinique, métabolique et fonctionnel. Il serait donc utile d'identifier les caractéristiques susceptibles d'influencer la réponse au MCT ou au HIIT, comme l'âge, le sexe, l'IMC, le niveau initial de force musculaire, la sévérité de la stéatose, la présence d'une fibrose, le degré d'insulinorésistance ou encore l'importance de la myostéatose. Cette approche

pourrait aider à adapter plus précisément la prescription d'exercice en fonction du profil du patient.

L'évolution des scores entre T1 et T2 montre une fragilité des acquis, surtout pour la force des fléchisseurs du genou dans le protocole HIIT. Le désentraînement qui apparaît dès l'arrêt de la supervision met en évidence une limite de l'étude. Un suivi prolongé est indispensable pour mesurer la vraie persistance des bénéfices. On mesure l'efficacité d'une intervention non seulement par les gains immédiats, mais surtout par la capacité du patient à garder les adaptations fonctionnelles sur le long terme. Lorsque le cadre thérapeutique est retiré, la stabilité de ces adaptations montre la vraie valeur de l'intervention.

Il serait également pertinent de renforcer l'individualisation de l'intensité d'entraînement, en particulier pour le HIIT. Dans cette étude, les participants n'ont pas toujours atteint l'intensité cible, en particulier lors des séances de HIIT. Ce constat suggère que l'accès à des intensités élevées pourrait nécessiter une progression plus graduelle et mieux individualisée. Une phase de familiarisation plus longue, un ajustement régulier des intensités, ou encore une progression par paliers pourraient faciliter l'atteinte du stimulus prévu par le protocole.

Une autre perspective serait d'ajouter un groupe d'entraînement en résistance, ou une modalité combinant exercice aérobic et renforcement musculaire. Les données de la littérature indiquent que les approches combinées pourraient exercer des effets complémentaires sur les paramètres hépatiques, métaboliques et musculaires. Dans le cadre de ce travail, l'ajout d'un renforcement ciblé permettrait surtout de mieux déterminer si les adaptations de force sont supérieures à celles observées avec le MCT ou le HIIT seuls.

Cliniquement, les observations ouvrent la voie à une personnalisation plus poussée de la prescription d'activité physique pour les patients MASLD. L'enjeu ne consiste plus seulement à réduire la stéatose ou à corriger les marqueurs métaboliques. Cette approche doit intégrer la santé musculo-squelettique comme pilier du traitement, assurant l'autonomie et la qualité de vie à long terme. Dans le futur, une analyse détaillée des profils de réponse aidera à éviter les protocoles standards, et permettra d'offrir des programmes réellement sur mesure, ajustés aux capacités fonctionnelles et à l'état hépatique de chaque individu.

5. Conclusion

Cette étude pilote avait pour objectif d'évaluer l'impact de différentes modalités d'exercice physique sur la fonction musculaire chez des patients atteints de MASLD. Les résultats obtenus montrent que, malgré l'absence d'amélioration statistiquement significative pour la majorité des variables étudiées, certaines évolutions descriptives suggèrent un effet potentiellement favorable de l'entraînement physique, en particulier dans le groupe HIIT.

Le résultat principal concerne l'amélioration significativement plus importante de la force isocinétique en flexion du genou droit dans le groupe HIIT comparativement au groupe MCT entre T0 et T1. Cette observation suggère que l'entraînement intermittent à haute intensité pourrait induire des adaptations neuromusculaires spécifiques. Toutefois, ce résultat doit être interprété avec prudence, car l'intensité cible du HIIT n'a pas toujours été atteinte, et une diminution plus marquée de cette même variable a été observée entre T1 et T2 après l'arrêt du programme supervisé.

Ces résultats ne permettent donc pas d'affirmer une supériorité globale du HIIT par rapport aux autres modalités d'exercice. Ils suggèrent plutôt un effet potentiel de cette modalité sur certaines composantes spécifiques de la fonction musculaire, tout en mettant en évidence plusieurs conditions nécessaires à son efficacité : un encadrement adapté, un meilleur contrôle de l'intensité réellement atteinte et une stratégie permettant de maintenir les adaptations après la fin de l'intervention supervisée.

Au-delà des données chiffrées, ce travail montre qu'il faut intégrer la fonction musculaire comme indicateur essentiel dans le suivi clinique de la MASLD. Limiter l'évaluation aux seuls marqueurs hépatiques ou métaboliques serait trop restreint. La santé musculo-squelettique détermine l'autonomie, la tolérance à l'exercice et, finalement, la qualité de vie des patients. Nos observations, même basées sur un nombre encore limité, soutiennent le recrutement plus large afin de valider les tendances sur une plus grande échelle et de mieux comprendre l'interaction entre le foie et l'appareil moteur.

Celles-ci permettraient de mieux comprendre l'effet des différentes modalités d'exercice sur la fonction musculaire et, à terme, d'adapter plus précisément la prescription d'activité physique au profil des patients atteints de MASLD.

6. Bibliographie

1. Cigrovski Berkovic, M., Bilic-Curcic, I., Mrzljak, A., & Cigrovski, V. (2021). NAFLD and Physical Exercise: Ready, Steady, Go! In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.734859>
2. Farzanegi, P., Dana, A., Ebrahimpour, Z., Asadi, M., & Azarbayjani, M. A. (2019). Mechanisms of beneficial effects of exercise training on non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD): Roles of oxidative stress and inflammation. In *European Journal of Sport Science* (Vol. 19, Number 7, pp. 994–1003). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1571114>
3. Hashida, R., Kawaguchi, T., Bekki, M., Omoto, M., Matsuse, H., Nago, T., Takano, Y., Ueno, T., Koga, H., George, J., Shiba, N., & Torimura, T. (2017). Aerobic vs. resistance exercise in non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review. *Journal of Hepatology*, 66(1), 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2016.08.023>
4. Henin, G., Goffaux, A., Declerck, S., André-Dumont, S., Pendeville, E., Valet, M., Lejeune, T., Dahlqvist, G., Loumaye, A., Schnabl, B., Stärkel, P., & Lanthier, N. (2025). Non-Cirrhotic Steatotic Liver Disease is Associated With Impaired Muscle Function: A Cross-Sectional Study. *JCSM Communications*, 8(2). <https://doi.org/10.1002/rco2.70012>
5. Henin, G., Loumaye, A., Deldicque, L., Leclercq, I. A., & Lanthier, N. (2024). Unlocking liver health: Can tackling myosteatoses spark remission in metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease? In *Liver International* (Vol. 44, Number 8, pp. 1781–1796). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/liv.15938>
6. Houttu, V., Bouts, J., Vali, Y., Daams, J., Grefhorst, A., Nieuwdorp, M., & Holleboom, A. G. (2022). Does aerobic exercise reduce NASH and liver fibrosis in patients with non-alcoholic fatty liver disease? A systematic literature review and meta-analysis. In *Frontiers in Endocrinology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1032164>
7. Huang, M., Yang, J., Wang, Y., & Wu, J. (2024). Comparative efficacy of different exercise modalities on metabolic profiles and liver functions in non-alcoholic fatty liver disease: a network meta-analysis. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 15). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1428723>
8. Keating, S. E., Sabag, A., Hallsworth, K., Hickman, I. J., Macdonald, G. A., Stine, J. G., George, J., & Johnson, N. A. (2023). Exercise in the Management of Metabolic-Associated Fatty Liver Disease (MAFLD) in Adults: A Position Statement from Exercise and Sport Science Australia. In *Sports Medicine* (Vol. 53, Number 12, pp. 2347–

- 2371). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
<https://doi.org/10.1007/s40279-023-01918-w>
9. Lai, J. C., Covinsky, K. E., Dodge, J. L., Boscardin, W. J., Segev, D. L., Roberts, J. P., & Feng, S. (2017). Development of a novel frailty index to predict mortality in patients with end-stage liver disease. *Hepatology*, 66(2), 564–574. <https://doi.org/10.1002/hep.29219>
 10. Liu, Y., Xie, W., Li, J., & Ossowski, Z. (2023). Effects of aerobic exercise on metabolic indicators and physical performance in adult NAFLD patients: A systematic review and network meta-analysis. In *Medicine (United States)* (Vol. 102, Number 14, p. E33147). Lippincott Williams and Wilkins.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000033147>
 11. Rinella, Jeffrey V. Lazarus, & Vlad Ratziu. (2024). A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. In *Annals of hepatology* (Vol. 29, Number 1, p. 101143).
<https://doi.org/10.1016/j.aohep.2023.101143>
 12. Mascaró, C. M., Bouzas, C., Montemayor, S., Casares, M., Llompart, I., Ugarriza, L., Borràs, P. A., Martínez, J. A., & Tur, J. A. (2022). Effect of a Six-Month Lifestyle Intervention on the Physical Activity and Fitness Status of Adults with NAFLD and Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/nu14091813>
 13. Romero-Gómez, M., Zelber-Sagi, S., & Trenell, M. (2017). Treatment of NAFLD with diet, physical activity and exercise. In *Journal of Hepatology* (Vol. 67, Number 4, pp. 829–846). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.jhep.2017.05.016>
 14. Sabag, A., Barr, L., Armour, M., Armstrong, A., Baker, C. J., Twigg, S. M., Chang, D., Hackett, D. A., Keating, S. E., George, J., & Johnson, N. A. (2022). The Effect of High-intensity Interval Training vs Moderate-intensity Continuous Training on Liver Fat: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* (Vol. 107, Number 3, pp. 862–881). Endocrine Society. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab795>
 15. Semmler, G., Datz, C., Reiberger, T., & Trauner, M. (2021). Diet and exercise in NAFLD/NASH: Beyond the obvious. In *Liver International* (Vol. 41, Number 10, pp. 2249–2268). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/liv.15024>
 16. Sun, J., Jin, X., & Li, Y. (2024). Current strategies for nonalcoholic fatty liver disease treatment (Review). In *International Journal of Molecular Medicine* (Vol. 54, Number 4). Spandidos Publications.
<https://doi.org/10.3892/ijmm.2024.5412>
 17. Targher, G., Valenti, L., & Byrne, C. D. (2025). Downloaded from nejm.org at Universite Catholique Louvain (UCL) on. In *n engl j med* (Vol. 7).

18. Xiong, Y., Peng, Q., Cao, C., Xu, Z., & Zhang, B. (2021). Effect of different exercise methods on non-alcoholic fatty liver disease: A meta-analysis and meta-regression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18063242>
19. Xue, Y., Peng, Y., Zhang, L., Ba, Y., Jin, G., & Liu, G. (2024). Effect of different exercise modalities on nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review and network meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51470-4>
20. Zhang, H. J., He, J., Pan, L. L., Ma, Z. M., Han, C. K., Chen, C. S., Chen, Z., Han, H. W., Chen, S., Sun, Q., Zhang, J. F., Li, Z. Bin, Yang, S. Y., Li, X. J., & Li, X. Y. (2016). Effects of moderate and vigorous exercise on nonalcoholic fatty liver disease: A randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*, 176(8), 1074–1082.
<https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2016.3202>

7. Annexes

Annexe 1 : Tables descriptives

Variabiles	Médiane	Écart interquartile
Age – années	57	53 – 60
IMC – kg/m ²	31.2	28.8 – 34.8
Périmètre abdominal – cm	116.5	108.5 – 130
CAP – dB/m	321	271 – 356
LSM – kPa	8.7	4.7 – 10.9
Hémoglobine – g/dl	14.5	13.4 – 15.4
Plaquettes – x10 ³ /mm ³	222	177 – 251
Ferritine – g/l	238	160 – 303
Glucose – mg/dl	103	99 – 130
Insuline – pmol/l	132.1	114.1 – 234.3
HOMA-IR	6.1	5 – 10.7
HbA1C - %	5.8	5.5 – 6.3
GOT - U/l	31	21 – 43
GPT – U/l	40	18 – 53
Palc – U/l	76	50 – 86
GGT – U/l	41	17 – 54
Cholestérol total – mg/dl	137	126 – 199
LDL-cholestérol – mg/dl	69	60 – 112
HDL-cholestérol – mg/dl	47	35 – 57
Triglycérides – mg/dl	126	116 – 154
25(OH)D3	34	31 – 42
Peth – ng/ml	19.5	10 – 36.7
Dominant HG – kg	40	28 – 42
Sit-to-stand – sec	7.8	7 – 10.2
LFI	3	2.5 – 3.5
Right knee extension – Nm	113.8	81.7 – 138.6
Right knee flexion - Nm	62.4	53.5 – 71.2

Données baseline

Variabiles	Stretching (n = 3)	MCT (n = 4)	HIIT (n = 4)	p-value
Age – années	60 (54 – 65)	59 (57 – 61)	52 (48 – 53)	0.015
Sexe masculin – n (%)	3 (100)	2 (50)	2 (50)	< 0.001
IMC – kg/m ²	28.8 (27 – 34.8)	32.1 (30.4 – 48.7)	31.9 (27.4 – 38.5)	0.620
Périmètre abdominal – cm	113 (108 – 130)	114 (102 – 165)	118 (106 – 128)	0.960
CAP – dB/m	321 (265 – 356)	314 (291 – 360)	299 (270 – 352)	0.799
Hb – g/dl	14.7 (13.5 – 16.2)	13.8 (12 – 15.1)	14.5 (13.5 – 15.5)	0.444
Plaquettes - x10 ³ /mm ³	242 (185 – 248)	200 (167 – 282)	226 (143 – 339)	0.890
Ferritine – g/l	238 (199 – 247)	276 (86 – 413)	168 (159 – 492)	0.713
Glucose – mg/dl	102 (99 – 141)	101 (91 – 119)	127 (96 – 136)	0.724
Insuline – pmol/l	127 (27 – 189)	170 (121 – 2010)	129 (79 – 212)	0.620
HOMA-IR	5.2 (1.1 – 10.9)	6.4 (5.1 – 9.9)	7.1 (3.3 – 10.9)	0.819
HbA1C - %	5.5 (4.9 – 8.3)	5.8 (5.6 – 6.1)	6 (5.6 – 6.5)	0.720
GOT - U/l	22 (15 – 43)	31 (24 – 40)	29 (21 – 42)	0.842
GPT – U/l	40 (18 – 78)	39 (20 – 50)	40 (21 – 56)	0.868
Palc – U/l	67 (50 – 81)	84 (48 – 102)	72 (51 – 84)	0.761
GGT – U/l	41 (15 – 53)	38 (20 – 56)	38 (18 – 170)	0.838
Cholestérol total – mg/dl	134 (104 – 137)	138 (116 – 186)	189 (139 – 230)	0.306
LDL-cholestérol – mg/dl	60 (47 – 62)	82 (56 – 112)	104 (70 – 135)	0.118
HDL-cholestérol – mg/dl	47 (34 – 57)	47 (35 – 53)	47 (35 – 69)	0.767
Triglycérides – mg/dl	116 (101 – 124)	140 (99 – 155)	145 (129 – 214)	0.255
25(OH)D3	35 (31 – 57)	39 (35 – 44)	30 (23 – 31)	0.027
Peth – ng/ml	10 (10 – 27)	0 (0 – 23)	6 (0 – 46)	0.609

Variabiles	Stretching (n = 3)	MCT (n = 4)	HIIT (n = 4)	p-value
Force de préhension moyenne – Kg	42 (41 – 44)	35 (26 – 42)	32 (25 – 40)	0.113
Test du lever de chaise – sec	8.8 (7.8 – 16)	7.6 (7.1 – 14.4)	6.6 (5.9 – 9.4)	0.218

Test d'équilibre - sec	30 (30 – 30)	30 (30- 30)	30 (30 – 30)	> 0.99
Liver Frailty Index	3.1 (2.9 – 3.8)	3 (2.7 – 3.6)	2.6 (2.5 – 3.3)	0.303
Pic de force moyenne d'extension du genou droit – Nm	122.3 (121.5 – 139.2)	120.6 (86.3 – 164.6)	104.7 (81.7 – 130.5)	0.799
Pic de force moyenne de flexion du genou droit - Nm	90.2 (69.3 – 95.1)	67.9 (61.8 – 102.5)	54.4 (49.3 – 65.1)	0.051

Variables	Stretching (n = 3)	MCT (n = 4)	HIIT (n = 4)	p-value
Elasticité hépatique moyenne (Fibroscan) - kpa	5.4 (3.8 – 8.7)	7.2 (3.8 – 10.6)	11.7 (6.2 – 16.8)	0.246
PDFF hépatique moyenne - %	19.9 (3.5 – 32.4)	16.5 (7.8 – 24.7)	11.6 (5.2 – 24.7)	0.913
Élasticité hépatique moyenne (MRE) - kPa	3.2 (2.3 – 3.3)	3 (2.5 – 3.3)	3.2 (2.7 – 3.5)	0.890

Variables	Stretching (n = 3)	MCT (n = 4)	HIIT (n = 4)	p-value
PDFF moyenne des psoas - %	7 (5.5 – 7.1)	5.6 (5 – 5.9)	4.8 (3.1 – 6.6)	0.281
PDFF moyenne des érecteurs du rachis - %	10.3 (8.2 – 22.5)	10.6 (8.3 – 13.1)	7.5 (4.5 – 12)	0.539
PDFF moyenne de la cuisse droite - %	7.4 (6.3 – 8)	5 (4.1 – 5.5)	4.6 (3.4 – 5.9)	0.040
PDFF moyenne de la jambe droite - %	9.6 (6.4 – 15)	6.2 (4.9 – 10)	5.4 (4.4 – 6.5)	0.201
Index musculaire squelettique – cm ² /m ²	48.7 (37.4 – 70.3)	45.3 (41.3 – 57.5)	48.5 (36.3 – 55.5)	0.913

Taux de participation par groupe :

- Stretching : 92.6%
- MCT : 93.8%
- HIIT : 91.7%

P = 0.858 (test de chi-carré)

Annexe 2 : Protocoles d'entraînement

Etude GUT-MYO-MASLD

Protocole HIIT

- Warm-up – 5 minutes
 - 30% d'intensité
 - Prise de FC, voltage et échelle de Borg à la fin du warm-up
- **Intervalles de haute intensité – 28 minutes**
 - 8 cycles au total
 - 2 minutes à 85% d'intensité
 - 1 minute 30 de récupération active à 10% d'intensité
 - Prise de FC, voltage et échelle de Borg **lors du 4ème cycle**
- **Cool-down – 5 minutes**
 - 20% d'intensité
 - Prise de FC, voltage et échelle de Borg à la fin du cool-down.

Protocole MCT

- Warm-up – 5 minutes
 - 30% d'intensité
 - Prise de FC, voltage et échelle de Borg à la fin du warm-up
- **Exercice d'intensité modérée constante – 30 minutes**
 - 50% d'intensité
 - Prise de FC, voltage et échelle de Borg **lors de la 15^{ème} minute de MCT**
- **Cool-down – 5 minutes**
 - 20% d'intensité
 - Prise de FC, voltage et échelle de Borg à la fin du cool-down.

Sessions stretching

Mix d'exercices d'étirement dos, jambes, fessiers, abdos. 1 à 2 groupes musculaires par séance à jour fixe (ex : lundi : dos, mercredi : abdos/fessiers, vendredi : jambes). Tous les groupes musculaires doivent avoir été travaillés par semaine. Chaque exercice doit être tenu **30 secondes** et réalisé à **2 reprises** (qq secondes de repos entre les répétitions).

Exercices dos

Dos rond debout

- **Position de départ** : debout, pieds largeur de bassin.
- **Consigne** : inspirez, croisez les mains devant vous. Expirez, poussez les mains vers l'avant en arrondissant le dos et en basculant le bassin vers l'avant. Regardez votre nombril et gardez les épaules basses. Vos jambes sont légèrement pliées. Vous formez un C avec votre colonne vertébrale.



Etirement nuque debout

- **Position de départ** : debout, pieds parallèles
- **Consigne** : inspirez, placez les mains derrière la tête. Expirez, dirigez vos coudes vers le sol afin de sentir un étirement dans la nuque. Gardez la distance d'un poing entre votre menton et le sternum. Ne tirez pas sur la nuque, laissez juste le poids des bras faire son travail. Pour étirer plus bas dans le dos, enrroulez un peu plus la colonne vertébrale.



- **Posture de l'enfant**

- **Position de départ** : assis sur vos talons
- **Consigne** : inspirez en tendant vos bras au sol devant vous. Expirez, glissez vos mains au sol pour aller y poser votre front. Essayez de garder les fessiers les plus proches possible des talons et détendez les épaules et la nuque. Vous pouvez plus ou moins écarter les genoux, trouvez la position qui sera la plus confortable pour vous. Pour détendre aussi le haut du dos, dans la même position, placez vos mains à côté de vos pieds et laissez vos épaules tomber vers le sol. (Votre corps forme une petite boule).



- **Etirement arrière**

- **Position de départ** : debout, pieds largeur de bassin et les jambes légèrement fléchies
- **Consigne** : inspirez, placez vos mains dans le bas du dos. Expirez, basculez le buste en arrière et le bassin vers l'avant. Gardez la poitrine bien ouverte et les épaules basses. Évitez de relâcher les muscles des abdominaux. Pour cela, garder le nombril rentré.



- **Torsion au sol**

- **Position de départ** : allongé sur le dos
- **Consigne** : inspirez, rapprochez vos deux genoux de la poitrine (bien hauts) et ouvrez les bras au sol à la hauteur d'épaules. Expirez en envoyant les genoux d'un côté, le regard à l'opposé des genoux. Essayez de garder les deux épaules au sol. Répétez l'étirement à droite et à gauche. Pour plus de ressenti, gardez une jambe tendue au sol et effectuez la torsion avec un seul genou. Si la posture est trop intense, vous pouvez placer une brique de yoga sous vos genoux.



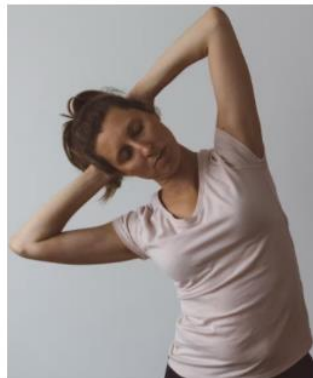
- **Torsion assise**

- **Position de départ** : assis au sol, croisez la jambe droite sur la jambe gauche
- **Consigne** : inspirez, attrapez votre genou droit avec le coude gauche. Expirez en effectuant une torsion pour aller regarder au-dessus de votre épaule droite. Essayez de garder les fessiers ancrés dans le sol et le buste allongé.



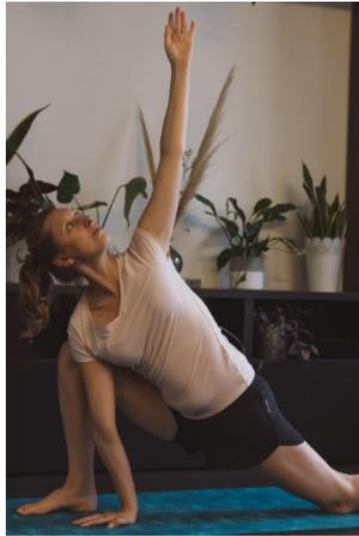
- **Inclinaison buste**

- **Position de départ** : debout, pieds parallèles
- **Consigne** : inspirez, placez vos mains derrière la tête, coudes ouverts. Expirez, inclinez le buste sur le côté à partir du milieu de la poitrine. Les épaules restent basses, répartissez équitablement votre poids du corps entre les deux pieds. Évitez d'écraser les côtes, pour cela grandissez-vous avant le départ. Inspirez, revenez au milieu. Expirez répétez le mouvement de l'autre côté.



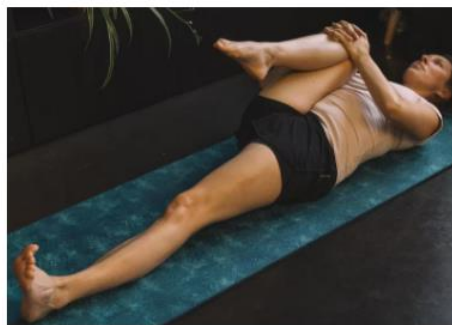
- **Fente avec torsion**

- **Position de départ** : au sol, placez-vous en position de chevalier servant, le pied droit à plat devant, le genou gauche au sol derrière.
- **Consigne** : inspirez, placez les deux mains au sol, le bassin basculé vers l'avant. Expirez, ouvrez le bras gauche vers le plafond en effectuant une torsion. Veillez à garder votre genou et votre cheville droite alignée. Effectuez le même exercice avec la jambe gauche.



- **Étirement allongé sur le dos**

- **Position de départ** : allongé sur le dos.
- **Consigne** : inspirez, attrapez votre genou droit. Expirez, rapprochez-le de votre poitrine en gardant la jambe gauche bien tendue et en rétroversant le bassin. Veillez à garder les épaules au sol et la colonne bien allongée. Répétez l'étirement avec l'autre jambe.



Exercices fessiers

- Sur le dos jambes pliées

- **Position de départ** : allongé sur le dos.
- **Consigne** : inspirez, croisez les jambes. Expirez, rapprochez vos genoux de la poitrine. Vous pouvez attraper la cheville de la jambe qui est au-dessus avec votre main. Essayez de garder la colonne vertébrale bien allongée et les épaules au sol. Répétez la même chose de l'autre côté.



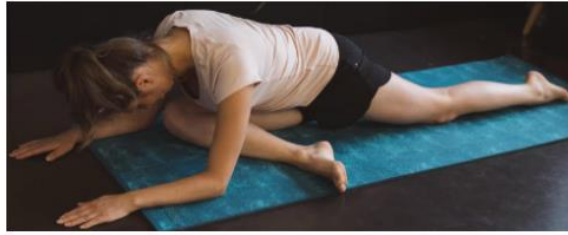
- En tailleur

- **Position de départ** : assis en tailleur.
- **Consigne** : inspirez, placez les mains devant vous. Expirez, glissez les mains sur le sol. Gardez bien les fesses dans le sol.



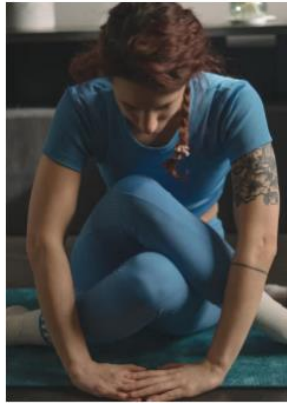
- Le pigeon

- **Position de départ** : au sol.
- **Consigne** : inspirez, pliez la jambe droite, genou sous la poitrine, tendez la jambe gauche derrière. Expirez, basculez les hanches vers le tapis et allongez votre buste vers le genou droit. En fonction de votre souplesse, déployez plus ou moins la jambe droite. Plus celle-ci est ouverte, plus l'étirement est intense dans les fessiers droits.



- **Genoux croisés assis**

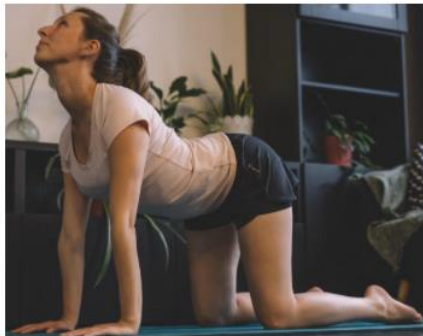
- **Position de départ** : assis au sol avec une jambe croisée au-dessus de l'autre.
- **Consigne** : inspirez, essayez de placer vos genoux l'un au-dessus de l'autre en gardant les fesses au sol. Expirez, penchez votre buste en avant.



Exercices abdos

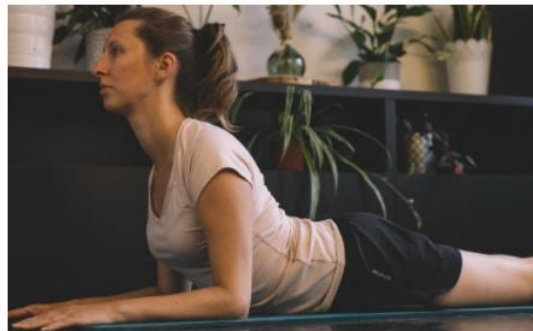
- Posture du chat (dos creux)

- **Position de départ** : À quatre pattes, genoux à largeur de hanches, mains en dessous des épaules et coudes tendus.
- **Consigne** : creusez le dos en inspirant. "Attention, on ne casse pas le dos, on cherche à l'allonger tout en le creusant".



- Posture du sphinx

- **Position de départ** : allongé, ventre à plat sur le sol sur votre tapis de sport.
- **Consigne** : mettez vos mains paumes contre le sol au niveau de vos pectoraux et poussez pour relever votre buste et votre ventre vers l'avant.



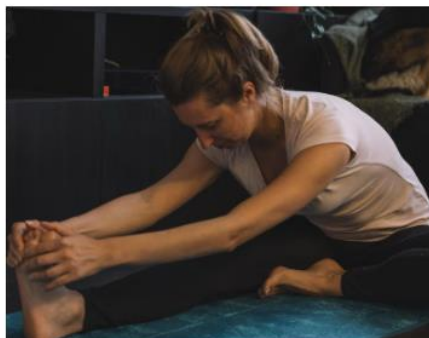
- Posture du cobra

- **Position de départ** : allongé sur le ventre.
- **Consigne** : poussez dans vos paumes de mains pour soulever votre buste et votre ventre. Cette fois-ci, décollez également vos avant-bras et coudes du sol pour arriver en posture du cobra.

Exercices jambes

- Etirement des ischio-jambiers

- **Position de départ** : assis sur le sol.
- **Consigne** : tendre une jambe devant soi et plier l'autre en tailleur. Aller saisir manuellement le pied du côté de la jambe tendue.



- Papillon assis

- **Position de départ** : assis au sol, jambes fléchies en papillon, pied contre pied avec les mains sur les chevilles.
- **Consigne** : se grandir en inspirant en maintenant le dos droit et rapprocher les genoux du sol lors de l'expiration.



- Papillon couché

- **Position de départ** : allongé sur le dos, genoux pliés, pieds posés à plat sur le sol à largeur de bassin, bras le long du corps.
- **Consigne** : inspirez, détendez votre haut du corps. Expirez, laissez tomber vos genoux vers le sol et placez vos pieds l'un contre l'autre. Pensez à garder votre colonne vertébrale neutre (le dos ni cambré, ni arrondi).



- **Etirement quadriceps couché sur le ventre**

- **Position de départ** : allongé sur le ventre, les mains sous le front et jambes détendues.
- **Consigne** : inspirez, attrapez votre cheville droite avec votre main droite. Expirez, rapprochez votre talon de vos fessiers. Pensez à garder les deux genoux proches l'un de l'autre et à rentrer votre nombril vers votre colonne vertébrale pour ne pas cambrer. Pour plus de ressenti, enfoncez votre pubis dans votre tapis. Gardez la position 30 secondes puis relâchez. Répétez le mouvement avec la jambe gauche.



- **Exercice talon-pointes**

- **Position de départ** : position debout, jambes écartées à hauteur d'épaules.
- **Consigne** : effectuez un mouvement de balancier d'avant en arrière des talons jusqu'à la pointe de votre pied en pensant à son bon déroulé, le dos bien droit. Faites plusieurs allers et retours, genoux légèrement pliés.

Annexe 3 : Feuille de monitoring des séances HIIT et MCT

Etude GUT-MYO-MASLD – GROUPES HIIT/MCT

ID participant : GMS- / position vélo :

Semaine									
Séance 1			Séance 2			Séance 3			
	<u>Warm-up</u>	HIIT	Cool-down	<u>Warm-up</u>	HIIT	Cool-down	<u>Warm-up</u>	HIIT	Cool-down
Présent ?	Oui/non			Oui/non			Oui/non		
FC									
Watt									
Borg									

Semaine									
Séance 1			Séance 2			Séance 3			
	<u>Warm-up</u>	HIIT	Cool-down	<u>Warm-up</u>	HIIT	Cool-down	<u>Warm-up</u>	HIIT	Cool-down
Présent ?	Oui/non			Oui/non			Oui/non		
FC									
Watt									
Borg									

Numéros de contact : Guillaume Henin : 0494312548 - assistant médecine physique (<19h) : (02764)1669

Résumé du mémoire :

La MASLD est une maladie hépatique chronique fréquente, associée à des altérations métaboliques et à des atteintes musculaires potentielles. Ce mémoire avait pour objectif d'évaluer l'impact de trois modalités d'exercice physique — stretching, entraînement continu d'intensité modérée (MCT) et entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) — sur la fonction musculaire de patients atteints de MASLD. Onze participants ont été inclus et suivis durant 16 semaines, comprenant 12 semaines d'intervention supervisée puis 4 semaines sans encadrement. La fonction musculaire a été évaluée par la force de préhension, le test du lever de chaise, le Liver Frailty Index et la dynamométrie isocinétique. Les résultats ne montrent pas d'amélioration significative pour la majorité des variables. Toutefois, le groupe HIIT présente une amélioration significativement supérieure de la force isocinétique en flexion du genou droit par rapport au groupe MCT entre T0 et T1. Cette observation doit être nuancée par une intensité réelle parfois inférieure à la cible et par une diminution partielle après l'arrêt de l'intervention. Ces résultats préliminaires suggèrent l'intérêt d'intégrer l'évaluation musculaire dans la prise en charge de la MASLD et justifient la poursuite d'études sur des effectifs plus importants.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Faculté des sciences de la motricité

Place Pierre de Coubertin, 1 bte L8.10.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique