



ISAVE - Instituto Superior de Saúde

**Licenciatura de Fisioterapia
Ano Letivo 2024/2025**

**Unidade Curricular Investigação Aplicada à
Fisioterapia**

**Effet d'un renforcement des muscles inspiratoires sur la
performance de coureurs sains amateurs**

Romane Hiot
Mathilde Frangeul
Lorine Lemont
Carla Marrano
Estudante de Fisioterapia
ISAVE- Instituto Superior de Saúde

João Sousa
ISAVE- Instituto Superior de Saúde
joaosousa@isave.pt

Andrea Ribeiro
ISAVE- Instituto Superior de Saúde
andrea.ribeiro@isave.pt

João Neves
ISAVE- Instituto Superior de Saúde
joao.neves@docente.isave.pt

Amares, junho de 2025

Résumé

Introduction : Ce projet vise à explorer l'impact de l'entraînement des muscles inspiratoires sur la performance en course à pied chez les coureurs amateurs. La problématique centrale repose sur le rôle souvent sous-estimé de ces muscles dans l'endurance et la performance aérobie.

Objectif : L'objectif principal est de déterminer si un programme ciblé peut améliorer la vitesse maximale aérobie (VMA), optimiser la consommation d'oxygène et réduire la fatigue respiratoire.

Méthode : L'étude adopte un essai contrôlé randomisé impliquant 30 participants, répartis en groupes expérimentaux et témoins. Le groupe expérimental suivra un programme de renforcement respiratoire de 4 semaines à l'aide du dispositif Threshold IMT®, tandis que le groupe témoin ne recevra aucune intervention spécifique. Les performances seront évaluées avant et après l'intervention à l'aide du test Cooper, des mesures de saturations en oxygène (SpO₂), de la fréquence cardiaque (FC) ainsi qu'une échelle de perception de l'effort.

Résultats : Les résultats attendus incluent une amélioration significative de la VMA, une capacité aérobie accrue et une récupération post-exercice optimisée dans le groupe expérimental. Ce projet ambitionne non seulement de confirmer l'importance des muscles respiratoires dans la performance sportive, mais aussi de promouvoir des méthodes d'entraînement novatrices.

Mots-clés : Endurance, VMA, muscles respiratoires, VO₂max, SpO₂, performance

Abstract

Context : The aim of this project is to explore the impact of training the inspiratory muscles on running performance in amateur runners. The central issue is the often underestimated role of these muscles in endurance and aerobic performance.

Objective : The main aim is to determine whether a targeted programme can improve maximum aerobic speed (MAS), optimise oxygen consumption and reduce respiratory fatigue.

Method : The study adopts a randomised controlled trial involving 30 participants, divided into experimental and control groups. The experimental group will follow a 4-week respiratory strengthening programme using the Threshold IMT® device, while the control group will receive no specific intervention. Performance will be assessed before and after the intervention using the Cooper test, oxygen saturation measurements, heart rate and a perception of effort scale.

Results : The expected results include a significant improvement in VMA, increased aerobic capacity and optimised post-exercise recovery in the experimental group. The aim of this project is not only to confirm the importance of the respiratory muscles in sports performance, but also to promote innovative training methods.

Key words : Endurance, VMA, respiratory muscles, VO₂max, SpO₂, performance

Resumo

Introdução: Este projeto visa explorar o impacto do treino dos músculos inspiratórios no desempenho na corrida entre corredores amadores. A problemática central baseia-se no papel frequentemente subestimado desses músculos na resistência e na performance aeróbica.

Objetivo: O principal objetivo é determinar se um programa específico pode melhorar a velocidade aeróbica máxima (VAM), otimizar o consumo de oxigênio e reduzir a fadiga respiratória.

Método: O estudo adota um ensaio clínico randomizado com 30 participantes, divididos em grupos experimental e controle. O grupo experimental seguirá um programa de fortalecimento respiratório durante 4 semanas com o dispositivo Threshold IMT®, enquanto o grupo controle não receberá nenhuma intervenção específica. O desempenho será avaliado antes e depois da intervenção através do teste de Cooper, medições da saturação de oxigênio, frequência cardíaca e uma escala de percepção do esforço.

Resultados: Espera-se uma melhoria significativa da VAM, uma maior capacidade aeróbica e uma recuperação otimizada após o exercício no grupo experimental. Este projeto tem como objetivo não apenas confirmar a importância dos músculos respiratórios na performance esportiva, mas também promover métodos de treino inovadores.

Palavras-chave: Resistência, VAM, músculos respiratórios, VO_2max , SpO_2 , desempenho

Introduction

Accessible, bénéfique pour la santé et simple à pratiquer, la course à pied est l'une des activités physiques les plus populaires au monde. Qu'ils soient occasionnels ou amateurs, les coureurs cherchent à améliorer leurs performances, réduire la fatigue et atténuer leur perception difficile de l'effort (Waser, 1998). Si l'entraînement cardio-respiratoire est reconnu pour ses bienfaits, il reste cependant rarement intégré à la préparation des coureurs. Pourtant, les muscles inspiratoires, essentiels à l'effort, pourraient jouer un rôle clé dans l'endurance et le confort respiratoire (Mador & Acevedo, 1991).

Le renforcement des muscles inspiratoires à l'aide du *Threshold Inspiratory Muscle Trainer* (Threshold IMT[®]) a démontré son efficacité chez les patients atteints de pathologies respiratoires et cardio-respiratoires (Mackała et al., 2019). Notamment, chez les patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), cet entraînement améliore la puissance inspiratoire maximale et réduit la sensation de dyspnée (Weiner et al., 2009).

Partant de ces résultats cliniques, la question se pose de savoir si ces bénéfices seront également identifiés dans les populations de sportifs. Plusieurs études ont mis en évidence que l'entraînement des muscles inspiratoires peut améliorer la capacité aérobie, la fonction pulmonaire et la récupération post-effort chez les athlètes. Par exemple, un programme combinant respiration et musculation chez les nageuses artistiques a permis une meilleure utilisation de l'oxygène (O₂) durant l'exercice (Fan et al., 2024). D'autres travaux montrent une amélioration du schéma respiratoire et de la puissance inspiratoire (Bernardi et al., 2014), ainsi qu'une réduction de l'accumulation de lactate chez les sprinters (Romer et al., 2002).

Concernant les performances sportives, l'entraînement inspiratoire semble particulièrement bénéfique en endurance. Une étude a montré une augmentation de 23,6% de la durée pendant laquelle les participants pouvaient maintenir un effort à 70% de leur VO₂max après un entraînement ciblé des muscles respiratoires (Lévesque & Thibault, s. d.). En environnement hypoxique, l'entraînement musculaire respiratoire (Respiratory Muscle Training, RMT) contribue à réduire la fatigue musculaire, améliorer l'oxygénation et accroître les performances (Álvarez-Herms et al., 2019).

Cependant, bien que ces effets soient bien documentés dans le sport professionnel, peu d'études se sont penchées sur leur transposition à des coureurs amateurs. Chez ces derniers, une étude a observé un retard de la fatigue des muscles inspiratoires après un semi-marathon, sans amélioration significative des performances (Zhu et al., 2024).

Ainsi, au regard de l'ensemble de ces éléments, se pose la question suivante : le renforcement des muscles inspiratoires, qui améliore à la fois la fonction ventilatoire chez les patients et la performance chez les sportifs professionnels, pourrait-il également améliorer la performance et la perception de l'effort chez les coureurs amateurs ?

L'objectif de cette recherche vise à évaluer les effets d'un entraînement des muscles inspiratoires sur les paramètres suivants chez les coureurs amateurs : pour observer l'amélioration de la vitesse maximale aérobie (VMA) ; l'évolution des paramètres physiologiques (FC, SpO₂) après un effort d'endurance ; la modification de la perception de l'effort.

Matériaux et méthode

Dessin de recherche

Il s'agit d'un essai contrôlé randomisé (ECR), conçu pour mesurer l'impact d'un renforcement des muscles inspireurs en comparant les résultats entre un groupe expérimental et un groupe témoin (Bornstein et al., 2013). Les deux groupes ont été constitués en fonction des contraintes pratiques et des préférences des participants, notamment dans les étapes préliminaires de la recherche ou dans des contextes marqués par des contraintes logistiques importantes.

Population / échantillon

Dans un premier temps, 30 coureurs amateurs étudiants sont sélectionnés au sein de l'institution supérieure de la santé (ISAVE). Pour cela la recherche est basée sur des critères d'inclusion et d'exclusion :

Inclusion :

- Coureurs amateurs
- Âge compris entre 18 et 31 ans.
- Bonne santé générale sans conditions respiratoires spécifiques

Exclusion :

- Antécédents de troubles respiratoires (asthme, BPCO).
- Blessures limitant la course à pied.
- Participation dans un autre programme d'entraînement respiratoire ou performance.

L'échantillonnage par convenance est une méthode de sélection des participants basée sur leur disponibilité et leur accessibilité immédiate pour le chercheur. Malgré ses avantages, il est essentiel de reconnaître les limites de cette approche. L'échantillonnage par convenance peut introduire des biais de sélection, ce qui limite la généralisation des résultats à une population plus large (Jager et al., 2017). Par conséquent, il est crucial pour les chercheurs d'explicitier ces limitations dans leurs rapports et de justifier leur choix méthodologique en fonction des objectifs spécifiques de l'étude.

En conclusion, bien que l'échantillonnage par convenance ne puisse remplacer des méthodes aléatoires pour les études visant une généralisation, il reste une stratégie utile et souvent nécessaire, notamment dans les premières phases de recherche ou dans des contextes où les contraintes pratiques prédominent.

Instruments de collecte de données

Pour les instruments, nous avons utilisé des mesures et une échelle, nous permettant d'obtenir des données quantitatives :

Test Cooper : C'est un test physique valide qui permet de donner une information cardiorespiratoire (Penry et al., 2011). Il sert à déterminer la consommation maximale d'oxygène (VO_2Max) ainsi que de déterminer la VMA. Pour cela le test doit être fait autour d'une piste de course circulaire de 400 mètres et chaque participant doit courir à son maximum durant 12 minutes. Pour obtenir la VO_2max , la formule suivante doit être appliquée : $VO_2max = 22,321 \times D - 11,288$. Exprimé en millilitre par minute et par kilo (ml/min/kg). D : étant la distance parcourue en km, calculée en multipliant le nombre de tours complets par

400 plus la distance parcourue (en mètres) dans le dernier tour incomplet. Puis le convertir en kilomètre. Le critère de l'âge et du sexe est important pour comparer les résultats aux tableaux représentatifs de l'endurance cardiovasculaire des hommes et des femmes en fonction de l'âge. (Annexe 1).

Mesure de la SpO₂ et de la FC : Grâce à un oxymètre de pouls de la marque Viatom[®], nous allons prendre les mesures de la saturation et de la fréquence cardiaque de chaque coureur avant et après le test Cooper.

Échelle de Borg modifié (EBM) : Cette échelle quantitative (Annexe 2) permet d'estimer l'intensité de l'effort durant un exercice physique, en la classifiant de 0 à 10 (Kendrick et al., 2000). Zéro pour « aucun effort » et dix pour « l'effort maximal ». Cette échelle est utilisée dans différentes pathologies surtout pour interpréter la dyspnée, ici, elle va permettre de clarifier l'effort demandé lors du test de Cooper.

Procédure expérimentale

Validation du projet de recherche : Pour pouvoir commencer notre étude, notre titre ainsi que notre procédure ont été approuvés par le comité d'éthique et scientifique le 27 février 2025 (Ref.a 2025/02-02).

Démarche auprès des participants : Explication du travail, objectif et procédure aux participants. Et leur montrer l'importance qu'il peut apporter pour améliorer leur performance sportive. Chaque participant a dû consentir en étant pleinement conscient de la recherche, c'est pourquoi ils ont signé un consentement éclairé. Les 13 et 14 mars, le test Cooper a été réalisé sur la piste de Braga. Les participantes ont été convoquées par groupes de quatre, à des horaires précis. Puis dans un premier temps, la SpO₂, la FC et le ressenti à l'aide de l'EBM ont été mesurés avant le début du test. Chaque participante a ensuite effectué un échauffement individuel. Avant le lancement du test, un briefing a été réalisé pour rappeler les consignes : rester dans le même couloir, éviter toute communication entre participants, et ne pas se suivre (Penry et al., 2011). Le départ est ensuite lancé pour 4 personnes. Une fois le test fini, le nombre de mètres de chaque coureur a été noté, la SpO₂, la FC, ainsi que l'EBM. Cette procédure a été répétée pour l'ensemble des 30 participants.

Initialement, l'étude comptait 35 participants, répartis de manière non aléatoire en deux groupes : un groupe expérimental composé de 18 personnes et un groupe témoin de 17 personnes. Toutefois, en raison de cinq abandons survenus dans le groupe témoin au cours de l'étude, ce dernier ne comprenait plus que 12 participants à son terme, ce qui explique la différence d'effectif entre les deux groupes (30 participants, groupe expérimental : 18 personnes et groupe témoin : 12 personnes).

Durant 4 semaines, le groupe expérimental va suivre un programme de renforcement des muscles inspiratoires avec le Threshold IMT[®] (Delacroix & Reyckler, 2015; Hyat et al., 2011). Ce programme a été réalisé à ISAVE, avec une fréquence de 3 fois par semaine, 2 fois dans la même journée. Durant cette période, les 2 groupes ne devaient pas changer leur habitude d'entraînement pour ne pas fausser les résultats.

Avant de débiter le premier entraînement respiratoire, une réunion a été organisée afin de déterminer, pour chaque participant du groupe expérimental, la

charge de pression (exprimée en cmH₂O) à appliquer. Pour ce faire, la pression inspiratoire maximale (MIP) a été estimée à l'aide des équations de prédiction proposées différenciées selon le sexe (Araújo et al., 2024) :

- **Femmes** : $MIP = 107,3 - 0,4 \times (\text{âge})$
- **Hommes** : $MIP = 137 - 0,57 \times (\text{âge})$

Une fois la MIP calculée, la charge de seuil a été fixée à 30 % de cette valeur, conformément aux recommandations (Lamboley, 2017). Cette charge correspond en moyenne à 29 cmH₂O pour les femmes et à 37 cmH₂O pour les hommes.

Au cours de la première semaine, le programme comprend 5 séries de 5 répétitions, réalisées deux fois par jour, trois jours par semaine, comme mentionné précédemment. Par la suite, le nombre de répétitions augmente d'un par semaine : la deuxième semaine, 5 séries de 6 répétitions ; la troisième, 5 séries de 7 répétitions ; et la dernière semaine, 5 séries de 8 répétitions ; en laissant 40 secondes de repos entre chaque série (Delacroix & Reychler, 2015).

Pour ce qui est du déroulement de la séance, la première fois nous avons expliqué comment fonctionne le Threshold IMT[®] et surtout indiqué que lorsqu'ils allaient prendre une inspiration l'appareil allait se bloquer et faire rentrer moins d'air. Ensuite l'étudiant est placé en position assise avec le dos légèrement incliné vers l'avant pour faciliter la respiration. Un pince-nez est appliqué pour éviter les échanges par le nez. Une expiration est ensuite faite avant de placer l'embout du Threshold IMT[®] dans leur bouche et inspirer. Durant les cycles d'inspiration et d'expiration l'embout sera toujours garder dans la bouche.

Le 1 mai, retour à la piste pour le groupe expérimental et témoin pour reprendre les mesures comme lors du premier test Cooper.

Procédures statistiques : Tous les participants ont réalisé le même test avant et après le renforcement musculaire inspiratoire, les résultats et les données ont été informatisés et analysés à l'aide du logiciel *IBM SPSS Statistics V29*. Comparaison des variables avant (T0) et après le renforcement des muscles inspiratoires (T1) grâce à la moyenne du groupe contrôle et expérimentale pour toutes les valeurs qui ont été mesuré (SpO₂, FC, EBM, distance, VO₂max, VMA), de la médiane, de l'interquartile et de l'écart type qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne.

Résultats

La normalité et l'homogénéité de l'échantillon ont été analysées à l'aide du test de *Shapiro-Wilk*. Ces hypothèses n'étant pas remplies, nous avons opté pour des statistiques non paramétriques.

Tableau 1. Caractérisation de l'échantillon

	L'âge moyenne \pm écart- type	Poids moyenne \pm écart- type	Hauteur moyenne \pm écart- type
Groupe expérimental	$\pm 22,167$	$\pm 62,389$	$\pm 171,667$
Groupe contrôle	$\pm 24,334$	$\pm 70,084$	$\pm 174,917$

Tableau 2. Comparaison entre les deux groupes avant le renforcement des muscles inspiratoires (T0)

Variable	Groupe	Médiane ; IQR (50)	Médiane ; IQR (75-25)	Valeur p
SpO ₂	Expérimental	99,000	1	0,632
	Contrôle	98,500	1,75	0,632
Fréquence cardiaque (FC)	Expérimental	86,500	14,75	0,950
	Contrôle	85,500	25,75	0,950
Perception de l'effort (EBM)	Expérimental	1,000	1	0,755
	Contrôle	1,000	1	0,755
VMA (distance mètres)	Expérimental	2507,000	914,81	0,545
	Contrôle	2463,500	893,222	0,545
VMA vitesse (km/h)	Expérimental	12,500	6	0,573
	Contrôle	12,500	5,25	0,573
VMA volume d'O ₂ maximal (ml/kg/min)	Expérimental	44,500	19,5	0,465
	Contrôle	43,500	19,25	0,465

Tableau 3. Comparaison entre les deux groupes immédiatement après le test Cooper dans le premier jour T0

Variable	Groupe	Médiane ; IQR (50)	Médiane ; IQR (75-25)	Valeur p
SpO ₂	Expérimental	95,000	2,00	0,158
	Contrôle	96,500	1,75	0,158
FC	Expérimental	180,500	12,50	0,573
	Contrôle	180,500	20,50	0,573
Perception de l'effort (EBM)	Expérimental	8,000	1,25	0,632
	Contrôle	8,000	1,00	0,632

*Valeurs p statistiquement significative pour $p < 0,05$.

Tableau 4. Comparaison entre les deux groupes après le renforcement des muscles inspiratoires (T1)

Variable	Groupe	Médiane ; IQR (50)	Médiane ; IQR (75-25)	Valeur p
SpO ₂	Expérimental	98,000	1,00	0,723
	Contrôle	98,500	1,75	0,723
FC	Expérimental	92,000	11,75	0,415
	Contrôle	85,000	25,75	0,415
Perception de l'effort (EBM)	Expérimental	1,000	1,00	0,755
	Contrôle	1,000	1,00	0,755
VMA (distance mètres)	Expérimental	2625,000	932,265	0,305
	Contrôle	2463,500	893,223	0,305
VMA Vitesse (Km/h)	Expérimental	13,500	6,25	0,325
	Contrôle	12,500	5,25	0,325
VMA Volume O ₂ maximal (ml/kg/min)	Expérimental	47,000	20,75	0,325
	Contrôle	43,500	19,25	0,325

Tableau 5. Comparaison entre les deux groupes immédiatement après le test Cooper après le renforcement des muscles inspiratoires (T1)

Variable	Groupe	Médiane; IQR (50)	Médiane, IQR (75-25)	Valeur p
SpO ₂	Expérimentale	96,000	2,25	0,158
	Contrôle	96,500	1,75	0,158
FC	Expérimentale	179,000	25,25	0,573
	Contrôle	180,500	20,50	0,573
Perception de l'effort (EBM)	Expérimentale	8,000	1,00	0,632
	Contrôle	8,000	1,00	0,632

Tableau 6. Comparaison entre les deux groupes après le renforcement des muscles inspiratoires

Variable	Valeur p
SpO ₂	0,473
FC	0,149
Perception de l'effort (EBM)	1,000
VMA (distance mètres)	0,012
VMA Vitesse (km/h)	0,034
VMA volume d'O ₂ maximal (ml/kg/min)	0,011

*Valeurs p statistiquement significatives pour p<0,05

Dans un premier temps, au niveau du groupe contrôle, la comparaison que nous avons effectuée entre T0 et T1 (T0 étant les valeurs prise avant l'entraînement des muscles inspiratoires des 2 groupes et T1 les valeurs prise post-entraînement des

muscles inspiratoires), nous permet de ne constater aucune différence significative pour la SpO₂ (repos et post-l'effort), la FC (repos et post-effort) ainsi que l'interprétation de la perception de l'effort avec EBM.

Pour le groupe expérimental, nous voyons qu'entre T0 et T1, une amélioration significative de la distance moyenne du test Cooper (T0= 2529,1939 // T1= 2624,9844). Pour ce qui est de la FC de repos, celle-ci est moins bien (T0=83,0556// T1=88,4444) alors que la FC post-effort est sans amélioration. La SpO₂ au repos est sans amélioration mais celle prise post-effort s'est améliorée de 0,4. De ce qui est d'EBM, au repos elle est similaire et post-effort en moyenne, il y a une augmentation de la perception de l'effort.

A T0, nous pouvons voir qu'il n'y a aucun changement significatif autant dans le groupe expérimental que contrôle. Entre T0 et T1, il n'existe pas de changement significatif non plus. Entre T0 et T1, pour le groupe contrôle, il n'y a aucun changement significatif, en revanche pour le groupe expérimentale une amélioration significative est constatée au niveau de la distance, VMA et de la VO₂max. ($p < 0,05$ = significatif / $p > 0,05$ = non significatif : Distance=0,012 ; Vitesse= 0,034 ; VO₂max= 0,011).

Discussion

Dans cette étude, il y a une amélioration significative de la $VO_2\text{max}$, comme dans l'étude d'Okrzymowska et al. (2025), dans lequel un programme de huit semaines d'entraînement inspiratoire à l'aide du dispositif Threshold IMT® a été appliqué à un échantillon de trente-deux personnes. Il met en évidence une augmentation notable de la $VO_2\text{max}$ chez des participants. Cette progression reflète une amélioration de la capacité aérobie générale, essentielle notamment pour les disciplines d'endurance comme la course de moyenne distance.

Par ailleurs, le protocole de renforcement musculaire a également entraîné une hausse notable de la VMA, ce qui rejoint les conclusions de Salazar-Martínez et al. (2017), ayant appliqué un programme de six semaines d'entraînement inspiratoire à un groupe de seize sportifs. Leurs résultats ont mis en évidence un lien étroit entre la $VO_2\text{max}$ et la VMA, expliquant ainsi l'amélioration parallèle de ces deux variables du travail de recherche. La VMA étant un indicateur-clé de performance, notamment chez les sportifs, sa progression atteste de l'efficacité globale du protocole sur le plan cardiovasculaire.

De plus, dans l'étude une augmentation significative a été observée de la distance parcourue, en accord avec les travaux de Riganas et al. (2019), où un protocole de six semaines d'entraînement inspiratoire a été suivi par trente-six sujets. Les auteurs ont rapporté un allongement notable des distances parcourues, ce qui confirme nos propres observations.

En outre, bien que les effets aigus de ce type d'entraînement sur la fréquence cardiaque, la pression artérielle ou encore la régulation sympathique en récupération post-exercice soient encore insuffisamment documentés (DeLucia et al., 2018), il semble pertinent d'envisager, comme piste de recherche, l'hypothèse d'une meilleure redistribution du débit cardiaque et d'une amélioration du retour à l'homéostasie après l'effort.

L'étude présente une faiblesse méthodologique liée au nombre d'abandons : 5 participants ont abandonné, créant un déséquilibre entre les groupes expérimental et contrôle (18 groupe expérimental contre 12 pour le groupe contrôle). Cette inégalité pourrait biaiser les résultats, notamment en diminuant la puissance statistique. Il convient de souligner que ces abandons ne semblent pas être directement associés à des effets indésirables de l'intervention, mais plutôt à des contraintes logistiques (manque de disponibilité, lassitude, blessure). Cela met en évidence l'importance, pour les recherches à venir, de prévoir une marge de perte lors du recrutement initial.

Une semaine de pause a été imposée dans le protocole (indisponibilité du groupe expérimental), ce qui pourrait avoir influencé les résultats, en particulier en ce qui concerne la conservation des adaptations obtenues. Le désentraînement est la perte partielle ou totale des adaptations induites par l'entraînement, en réponse à un stimulus d'entraînement insuffisant. Le désentraînement cardiorespiratoire à court terme (moins de 4 semaines de stimulus d'entraînement insuffisant) se caractérise par une diminution de la capacité cardio-respiratoire, musculaire, métabolique et hormonale (Mujika & Padilla, 2000).

Le protocole choisi était de deux séances par jour, trois fois par semaine, principalement en raison des contraintes de disponibilité de notre échantillon. Toutefois, diverses recherches indiquent qu'une pratique plus fréquente (jusqu'à 5-7 j/semaine et les protocoles peuvent varier de 4 à 8 semaines) pourrait générer de meilleurs résultats. Les effets de l'entraînement des muscles respiratoires peuvent inclure une réduction de la fatigue des muscles respiratoires, un meilleur maintien de SpO_2 et du flux sanguin vers les muscles locomoteurs (Álvarez-Herms et al., 2019).

Dans cette étude il n'y a pas eu d'amélioration significative de la perception de l'effort avec l'EBM, pourtant selon cette étude de Geddes (2005), il y avait une amélioration de l'endurance combinée à une meilleure perception de l'effort chez les patients. Il serait peut être intéressant d'introduire d'autres échelles qui selon la littérature sont plus spécifiques aux athlètes comme l'échelle OMNI-Walk/Run (Gallagher Jr. et al., 2017) ; Session-RPE (sRPE) (Liu et al., 2023) ; ou encore Multidimensional Fatigue Inventory (MFI-20) (Bakalidou et al., 2022); dans le but de croiser les données et d'améliorer la fiabilité des mesures subjectives.

Conclusion

Cette étude visait à évaluer les effets d'un programme de renforcement des muscles inspiratoires sur la performance sportive, les paramètres vitaux et la perception de l'effort chez les coureurs amateurs. Mené auprès de 30 participants répartis en groupe témoin et expérimental, l'essai contrôlé randomisé s'est appuyé sur des mesures issues du test de Cooper, de la FC, de la SpO₂ et de l'EBM.

Les résultats montrent une amélioration significative de la distance parcourue chez les participants ayant suivi quatre semaines d'entraînement inspiratoire avec le Threshold IMT[®] suggérant un effet positif sur l'endurance aérobie. Cette évolution concorde avec les données de la littérature, selon lesquelles ce type d'entraînement favorise une meilleure utilisation de l'O₂ et une réduction de la fatigue respiratoire.

En revanche, aucun changement significatif n'a été observé concernant la FC, la SpO₂ ou la perception de l'effort. Certaines limites, telles que la courte durée de l'intervention et la taille réduite de l'échantillon, peuvent expliquer la portée modérée des effets observés. Des études complémentaires à plus long terme, avec un échantillonnage plus large, seraient nécessaires pour confirmer ces résultats et explorer d'autres effets potentiels.

Bibliographie

- Álvarez-Herms, J., Julià-Sánchez, S., Corbi, F., Odriozola-Martínez, A., & Burtscher, M. (2019). Putative Role of Respiratory Muscle Training to Improve Endurance Performance in Hypoxia: A Review. *Frontiers in Physiology, 9*, 1970. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01970>
- Araújo, P. R. S., Fonseca, J. D. M. D., Marcelino, A. A., Moreno, M. A., Dornelas De Andrade, A. D. F., Yañez, M. O., Torres-Castro, R., Resqueti, V. R., & Fregonezi, G. A. D. F. (2024). Reference values for respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in the Brazilian adult population : A multicentric study. *PLOS ONE, 19*(11), e0313209. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313209>
- Bakalidou, D., Krommydas, G., Abdimioti, T., Theodorou, P., Doskas, T., & Fillopoulos, E. (2022). The Dimensionality of the Multidimensional Fatigue Inventory (MFI-20) Derived From Healthy Adults and Patient Subpopulations: A Challenge for Clinicians. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.26344>
- Bernardi, E., Melloni, E., Mandolesi, G., Uliari, S., Grazi, G., & Cogo, A. (2014). Respiratory Muscle Endurance Training Improves Breathing Pattern in Triathletes. *Ann Sports Med Res(1): 1003*.
- Bornstein, M. H., Jager, J., & Putnick, D. L. (2013). Sampling in Developmental Science : Situations, Shortcomings, Solutions, and Standards. *Developmental review: DR, 33*(4), 357-370. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.003>
- Delacroix, S., & Reychler, G. (2015). Effets du travail des muscles inspiratoires via le Threshold IMT® au sein d'une population de personnes âgées et saines. *Kinésithérapie, la Revue, 15*(168), 23. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2015.09.012>
- DeLucia, C. M., De Asis, R. M., & Bailey, E. F. (2018). Daily inspiratory muscle training lowers blood pressure and vascular resistance in healthy men and women.

- Experimental Physiology*, 103(2), 201-211. <https://doi.org/10.1113/EP086641>
- Fan, Y., Duan, Y., Gao, Z., & Liu, Y. (2024). Inspiratory muscle resistance combined with strength training: Effects on aerobic capacity in artistic swimmers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1476344. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1476344>
- Gallagher Jr., M., Robertson, R. J., Goss, F. L., Kane, I., Nagle, E. F., & Tessmer, K. A. (2017). Exertional Observation in Adults Performing Intermittent Treadmill Walking and Running. *International Journal of Exercise Science*, 10(8), 1130-1144. <https://doi.org/10.70252/EFMI2653>
- Geddes, E. L., Reid, W. D., Crowe, J., O'Brien, K., & Brooks, D. (2005). Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review. *Respiratory Medicine*, 99(11), 1440-1458. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2005.03.006>
- Hyat, S., Degryse, J., Beguin, C., & Liistro, G. (2011). Comment diagnostiquer les troubles ventilatoires obstructifs chez la personne âgée? *ResearchGate*, 123-128
- Jager, J., Putnick, D. L., & Bornstein, M. H. (2017). More than Just Convenient: The Scientific Merits of Homogeneous Convenience Samples. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 82(2), 13-30. <https://doi.org/10.1111/mono.12296>
- Kendrick, K. R., Baxi, S. C., & Smith, R. M. (2000). Usefulness of the modified 0-10 Borg scale in assessing the degree of dyspnea in patients with COPD and asthma. *Journal of Emergency Nursing*, 26(3), 0216-0222. <https://doi.org/10.1067/men.2000.107012>
- Lamboley, E. (2017). *Intérêt du renforcement des muscles inspiratoires au cours de la réadaptation à l'effort du patient en situation d'obésité.*

- Lévesque, A.-M., & Thibault, G. (s. d.). *Effets bénéfiques de l'entraînement des muscles respiratoires.*
- Liu, H., Yang, W., Liu, H., Bao, D., Cui, Y., Ho, I. M. K., & Li, Q. (2023). A meta-analysis of the criterion-related validity of Session-RPE scales in adolescent athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 15*(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00712-5>
- Mackała, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Stodółka, J., Coh, M., & Rożek-Piechura, K. (2019). The Effect of Respiratory Muscle Training on the Pulmonary Function, Lung Ventilation, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(1), 234. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010234>
- Mador, M. J., & Acevedo, F. A. (1991). Effect of respiratory muscle fatigue on subsequent exercise performance. *Journal of Applied Physiology, 70*(5), 2059-2065. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.5.2059>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining : Loss of Training-Induced Physiological and Performance Adaptations. Part I: Short Term Insufficient Training Stimulus. *Sports Medicine, 30*(2), 79-87. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030020-00002>
- Okrzymowska, P., Mackała, K., Kucharski, W., & Rożek-Piechura, K. (2025). Inspiratory Muscle Training Included in Therapeutic and Training Regimens for Middle-Distance Runners. *Journal of Clinical Medicine, 14*(9), 3180. <https://doi.org/10.3390/jcm14093180>
- Penry, J. T., Wilcox, A. R., & Yun, J. (2011). Validity and Reliability Analysis of Cooper's 12-Minute Run and the Multistage Shuttle Run in Healthy Adults. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25*(3), 597-605. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2423>

- Riganas, C., Papadopoulou, Z., Margaritelis, N. V., Christoulas, K., & Vrabas, I. S. (2019). Inspiratory muscle training effects on oxygen saturation and performance in hypoxemic rowers : Effect of sex. *Journal of Sports Sciences, 37*(22), 2513-2521. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1646582>
- Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of Inspiratory Muscle Training Upon Recovery Time During High Intensity, Repetitive Sprint Activity. *International Journal of Sports Medicine, 23*(5), 353-360. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33143>
- Salazar-Martínez, E., Gatterer, H., Burtscher, M., Naranjo Orellana, J., & Santalla, A. (2017). Influence of Inspiratory Muscle Training on Ventilatory Efficiency and Cycling Performance in Normoxia and Hypoxia. *Frontiers in Physiology, 8*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00133>
- Waser, A.-M. (1998). Du stade à la ville : Réinvention de la course à pied. *Les Annales de la recherche urbaine, 79*(1), 58-68. <https://doi.org/10.3406/aru.1998.2178>
- Weiner, P., Magadle, R., Berar-Yanay, N., & Pelled, B. (2009). The effect of specific inspiratory muscle training on the sensation of dyspnea and exercise tolerance in patients with congestive heart failure. *Clinical Cardiology, 22*(11), 727-732. <https://doi.org/10.1002/clc.4960221110>
- Zhu, H., Han, X., Miao, G., & Yan, Q. (2024). A preliminary exploration of the regression equation for performance in amateur half-marathon runners : A perspective based on respiratory muscle function. *Frontiers in Physiology, 15*, 1340513. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1340513>

Annexes

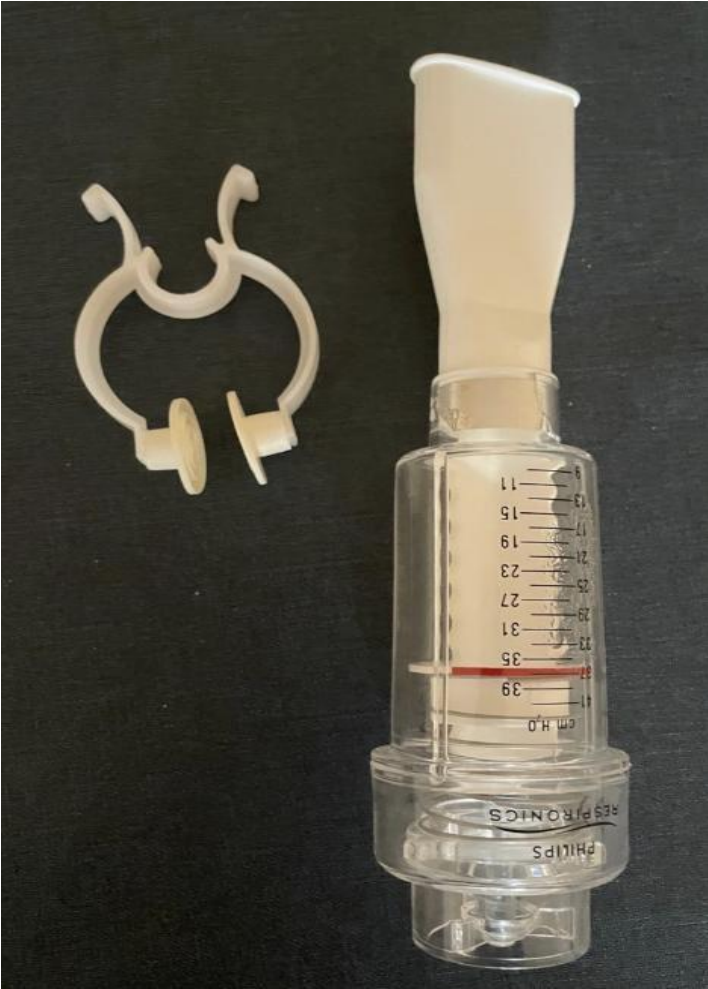
Annexe 1 : Tableau comparatif Homme et Femme de l'endurance cardiovasculaire selon le Test Cooper

HOMMES					
Endurance cardiovasculaire*	19 ans et -	20-29 ans	30-39 ans	30-49 ans	50 – 59 ans
Supérieure	> 3,0	> 2,85	> 2,75	> 2,65	> 2,55
Très élevée	2,8-3,0	2,7-2,85	2,6-2,75	2,5-2,65	2,4-2,55
Élevée	2,6-2,7	2,5-2,6	2,4-2,5	2,3-2,4	2,2-2,3
Moyenne	2,3-2,5	2,2-2,4	2,2-2,3	2,1-2,2	2,0-2,1
Faible	2,1-2,2	1,9-2,1	1,9-2,1	1,8-2,0	1,7-1,9
Très faible	< 2,1	< 1,9	< 1,9	< 1,8	< 1,7
FEMMES					
Endurance cardiovasculaire*	19 ans et -	20-29 ans	30-39 ans	40-49 ans	50 ans et +
Supérieure	> 2,5	> 2,4	> 2,3	> 2,2	> 2,1
Très élevée	2,4-2,5	2,3-2,4	2,2-2,3	2,1-2,2	2,0-2,1
Élevée	2,2-2,3	2,1-2,2	2,0-2,1	1,9-2,0	1,8-1,9
Moyenne	2,0-2,1	1,9-2,0	1,8-1,9	1,7-1,8	1,6-1,7
Faible	1,6-1,9	1,5-1,8	1,6-1,7	1,4-1,6	1,4-1,5
Très faible	< 1,6	< 1,5	< 1,5	< 1,4	< 1,4

Annexe 2 : Echelle de Borg modifiée



Annexe 3 : Threshold IMT® de la marque Philips respironics



Annexe 4 : Déclaration de cession de données de recherche



DÉCLARATION DE CESSION DE DONNÉES DE RECHERCHE

Nom de l'étudiant(e) : _____ Romane Hiot , Lorine Lemont , Carla Marrano , Mathilde Frangeul _____

Numéro d'étudiant(e) : _223169, 223162, 223149, 223166_____

Cours : __Recherche appliqué à la physiothérapie

Année académique : ____2024-2025 - 3ème année _____

Unité d'enseignement/Projet : _____Physiothérapie

Je, soussigné(e), déclare que les données recueillies dans le cadre de l'activité académique mentionnée ci-dessus (y compris, sans s'y limiter, les données cliniques simulées ou réelles, les entretiens, les formulaires, les enregistrements photographiques ou audiovisuels, les résultats expérimentaux ou tout autre élément pertinent à la recherche développée), sont cédées à l'établissement d'enseignement et/ou aux encadrant(e)s scientifiques, aux fins de traitement, d'analyse et de publication scientifique ou académique éventuelle.

Je reconnais avoir été informé(e) que :

- Si vous avez l'intention de les utiliser. Je dois exprimer cette intention par e-mail et les utiliser pendant une période de 6 mois après la final de la défense.
- Les données recueillies sont la propriété intellectuelle de l'établissement d'enseignement et/ou des encadrant(e)s impliqué(e)s dans le projet ;
- Les encadrant(e)s scientifiques peuvent utiliser, en tout ou en partie, ces données à des fins de publication scientifique ou académique, tout en respectant les principes éthiques, la confidentialité et la protection des données personnelles des participants (le cas échéant) ;
- Mon identification personnelle, en tant qu'étudiant(e), peut ou non être mentionnée dans les travaux finaux ou publications, en fonction de la décision des encadrant(e)s et conformément aux normes d'attribution et de reconnaissance en vigueur ;
- Cette cession ne confère pas à l'étudiant(e) un droit automatique de co-auteur(e) dans les publications futures, cette décision relevant des encadrant(e)s en fonction de la contribution effective aux processus d'analyse, d'interprétation et de rédaction scientifique.

Je confirme avoir été dûment informé(e) des termes ci-dessus et que la présente déclaration est signée librement et en toute connaissance de cause.

Lieu et date : _Amares, 6 juin 2025

Signature de l'étudiant(e) : _____



Signature de l'encadrant(e) responsable :

 Monsieur Nuno Pereira do Pinho Sousa

Annexe 5 : Lettre de soutenance encadrant

YISAVE

Amares, le 11 juin 2025

Mesdames, Messieurs,

À toutes fins utiles, je soussigné(e), João Nuno Pereira dos Reis de Sousa, encadrant(e) de l'étudiant(e), déclare avoir pris connaissance du contenu du projet de recherche intitulé « Effet d'un renforcement des muscles inspiratoires sur la performance de coureurs sains amateurs » et atteste qu'il est apte pour la défense publique.

Cordialement



Handwritten signature of João Nuno Pereira dos Reis de Sousa in blue ink.