



Escola Superior de Saúde Fernando

Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia

Ano letivo 2024/2025

Projeto de Graduação

**Efeitos do Treino dos Músculos Inspiratórios na Função Pulmonar de
Pugilistas - Estudo randomizado controlado**

Hugo Guimarães Silva

Estudante de Fisioterapia

Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

40441@ufp.edu.pt

Rui Antunes Viana

Professor Coordenador Orientador

Docente da Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

ruiav@ufp.edu.pt

Sérgio Barreira

Professor Auxiliar Coorientador

Docente da Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

barreira@ufp.edu.pt

Porto, julho, 2025

Resumo

Introdução: O boxe é uma modalidade de elevada intensidade, com esforços intermitentes que exigem elevada ventilação. O treino dos músculos inspiratórios (TMI) pode melhorar a função respiratória e reduzir a fadiga em atletas. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do TMI na função pulmonar de pugilistas federados. **Metodologia:** Estudo randomizado controlado com 14 atletas do sexo masculino, divididos em grupo experimental (GE; n=7) e controlo (GC; n=7). O GE realizou 18 sessões de TMI durante 4 semanas com dispositivo *threshold*, enquanto o GC manteve o treino habitual. A função pulmonar foi avaliada por espirometria (VEF1, CVF, PFE e VEF1/CVF) antes e após a intervenção. **Resultados:** O GE apresentou aumentos significativos no VEF1 (p=0,009) e PFE (p=0,009). CVF e VEF1/CVF mantiveram-se estáveis. Na avaliação final, o VEF1 foi superior no GE (p=0,008). **Conclusão:** O TMI de curta duração melhorou a ventilação e a potência respiratória em pugilistas, sugerindo benefícios para esforços intermitentes. **Palavras-chave:** Treino dos músculos inspiratórios; Função pulmonar; Boxe; VEF1; PFE.

Abstract

Introduction: Boxing is a high-intensity sport involving intermittent efforts that require high ventilation. Inspiratory muscle training (IMT) can improve respiratory function and reduce fatigue in athletes. **Objective:** To evaluate the effects of IMT on the lung function of federated boxers. **Methodology:** Randomized controlled study with 14 male athletes, divided into an experimental group (EG; n=7) and a control group (CG; n=7). The EG performed 18 IMT sessions over 4 weeks with a threshold device, while the CG maintained their usual training. Lung function was assessed by spirometry (FEV1, FVC, PEF, and FEV1/FVC) before and after the intervention. **Results:** The EG showed significant increases in FEV1 (p=0.009) and PEF (p=0.009). FVC and FEV1/FVC remained stable. In the final assessment, FEV1 was higher in the EG (p=0.008). **Conclusion:** Short-term IMT improved ventilation and respiratory power in boxers, suggesting benefits for intermittent efforts. **Keywords:** Inspiratory muscle training; Pulmonary function; Boxing; FEV1; PEF

1. Introdução

O boxe é um desporto de elevada intensidade que combina estímulos anaeróbios e aeróbios, constituindo um método eficaz para a melhoria da aptidão cardiovascular. A capacidade aeróbia e o condicionamento cardiorrespiratório assumem um papel determinante na aptidão física e no desempenho dos atletas, comprovando relações diretas entre os índices de capacidade aeróbia e o rendimento desportivo (Bruzas et al., 2014). A sua prática, enquadrada como treino intervalado de alta intensidade (HIIT), tem demonstrado benefícios relevantes ao nível da função cardiovascular (Cheema et al., 2015). Contudo, durante os combates, os pugilistas atingem frequentemente valores próximos da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}), o que reforça a natureza altamente exigente da modalidade (de Lira, 2013).

Neste contexto, é importante destacar que, de acordo com a Task Force 8 da 26.^a Conferência de Bethesda, o boxe é classificado como um desporto com elevado componente dinâmico e estático (III-C), refletindo tanto a exigência aeróbica intensa como a necessidade de contrações musculares sustentadas. Por outras palavras esta classificação evidencia a elevada carga cardiovascular imposta pela modalidade, com repercussões ao nível do débito cardíaco, pressão arterial e stress hemodinâmico. Assim, o boxe é reconhecido como uma das modalidades desportivas mais exigentes a nível fisiológico, exigindo uma avaliação médica criteriosa, sobretudo em indivíduos com patologias cardiovasculares (Mitchell et al., 1994).

O treino dos músculos inspiratórios (TMI) é uma intervenção que tem por objetivo o aumento da força e resistência do diafragma e dos músculos acessórios da respiração, redução da percepção de esforço respiratório (Rodrigues & McConnell 2024). Normalmente, envolve a realização de inspirações voluntárias contra uma carga de resistência em toda a capacidade vital, em repouso (Shei et al., 2016; Fabero-Garrido et al., 2024). O TMI é efetuado utilizando dispositivos específicos que oferecem resistência à inspiração, ou seja, estes dispositivos podem ser baseados em limiares ou resistivos ao fluxo, sendo que alguns oferecem feedback visual sobre a intensidade do treino (Menezes et al., 2018). Na vertente desportiva, o TMI oferece diversos benefícios comprovados por estudos (Santos, Viana, & Alexandrino, 2023 e Ferreira et al., 2024), um dos quais, o aumento significativo da força dos músculos inspiratórios, medido pela pressão inspiratória máxima (PIM ou P_{Imax}), que melhora a eficiência da respiração durante o exercício e beneficia atletas de modalidades como natação, atletismo e futebol. O TMI

também está associado a ganhos na capacidade de exercício, com melhorias na resistência e no desempenho em testes de tempo, como corridas de 800 metros, além de contribuir para a redução de tempos em modalidades como a natação. Outro benefício importante é a redução da fadiga muscular, permitindo a manutenção de altos níveis de desempenho por períodos prolongados. Além disso, o TMI otimiza a biomecânica respiratória, favorecendo a coordenação e a eficiência dos movimentos respiratórios, e promove melhorias significativas na capacidade respiratória, refletindo em um desempenho físico geral aprimorado.

A Pressão Inspiratória Máxima (PIM) é um parâmetro essencial para avaliar a força dos músculos inspiratórios, principalmente do diafragma e dos intercostais externos. Refere-se ao maior valor de pressão negativa gerado durante uma inspiração forçada contra uma via aérea obstruída, influenciando de forma direta, a capacidade do sistema respiratório de vencer resistências e sustentar esforços ventilatórios intensos (McConnell, 2013; Menezes et al., 2018). Em atletas, o PIM é frequentemente utilizado como marcador funcional da eficácia do TMI, sendo altamente sensível a adaptações decorrentes de protocolos de carga progressiva. Portanto valores elevados de PIM estão associados a maior tolerância ao exercício, menor fadiga respiratória e melhor eficiência ventilatória durante esforços intermitentes, características cruciais em modalidades como o boxe (Ferreira et al., 2024; Shei et al., 2016).

A capacidade pulmonar pode ser avaliada por espirometria ou por pletismografia, sendo esta considerada *gold standard* na medição de volumes pulmonares (Bhakta & McGowan, 2023). Os parâmetros medidos por esta avaliação incluem a Capacidade Pulmonar Total (CPT), que corresponde ao volume total dos pulmões quando estão completamente cheios; a Capacidade Vital Forçada (CVF), definida como o volume máximo de ar expirado após uma inspiração máxima; o Volume Expiratório Forçado no 1.º segundo (VEF1), ou seja, o volume de ar expirado no primeiro segundo de uma expiração forçada; e a relação VEF1/CVF, um indicador-chave para identificar a existência de um defeito pulmonar obstrutivo. Incluem-se ainda o Volume Residual (VR), que representa o volume de ar que permanece nos pulmões após a expiração máxima; a Capacidade Residual Funcional (CRF), que é o volume de ar nos pulmões após uma expiração normal; e o Pico de Fluxo Expiratório (PFE), que avalia a velocidade máxima do ar durante uma expiração forçada (Al-Ashkar, Mehra, & Mazzone, 2003).

Tendo em consideração o crescente interesse na otimização da função respiratória em contextos desportivos, a exploração de estratégias como TMI revela-se particularmente relevante. Embora o TMI seja frequentemente associado a contextos clínicos, como a reabilitação respiratória em doentes com patologias pulmonares crónica, a sua aplicação em atletas permite expandir o campo de intervenção, contribuindo para a melhoria do desempenho ventilatório. Esta abordagem reforça a importância da integração entre conhecimentos fisiológicos e estratégias terapêuticas baseadas em evidência, assumindo-se como um potencial recurso no âmbito da fisioterapia respiratória e desportiva.

O objetivo deste estudo é avaliar os efeitos do TMI na função pulmonar de pugilistas, explorando os efeitos do treino dos músculos inspiratórios sobre parâmetros respiratórios mensuráveis por espirometria, como o VEF1, a CVF, o PFE e o VEF1/CVF. Pretende-se compreender de que forma esta intervenção pode influenciar a função pulmonar e contribuir para o desempenho durante a atividade. Através da avaliação de parâmetros respiratórios obtidos por espirometria, procura-se compreender de que forma esta intervenção pode influenciar a capacidade respiratória dos atletas durante esforços intensos, promovendo um melhor desempenho ventilatório. Além disso, será realizada uma comparação entre dois grupos, sendo um de controlo e outro experimental, incluindo o uso de dispositivos, para determinar sua eficácia na melhoria da capacidade inspiratória dos pugilistas.

2. Metodologia

2.1 Desenho de estudo

O estudo é randomizado controlado, onde os atletas serão distribuídos aleatoriamente para um grupo experimental (GE) ou grupo controlo (GC) através de um saco opaco com papéis numerados com os números 1 (GE), 2 (GC).

Os atletas estavam cientes da existência de dois grupos diferentes com procedimentos diferentes.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Universidade Fernando Pessoa. Todos os procedimentos foram conduzidos seguindo os princípios éticos, normas e princípios de acordo com a Declaração de Helsínquia antes do início do estudo.

Previamente à entrega do consentimento informado foi realizada uma sessão de esclarecimento em que foram comunicados os procedimentos e objetivos do estudo, assim como os possíveis benefícios e riscos envolvidos na investigação. Após a explicação foi

informado aos participantes que poderiam desistir a qualquer momento sem qualquer penalização. O estudo foi descrito de acordo com as diretrizes do CONSORT *guidelines* (Hopewell et al., 2025).

2.2 Participantes

Os participantes foram recrutados na Don Kingwell Academy, Academia de Boxe, Porto. Os critérios de inclusão foram: Atletas federados que assegura uma amostra homogênea de atletas com rotinas de treino e níveis de desempenho semelhantes (Kayacan, İslamoğlu, & Birinci, 2018); Frequência de treino mínimo de quatro vezes por semana (Parodi-Feye, Cappuccio-Díaz, & Magallanes-Mira, 2023). Atletas adultos (+18 anos), sem doenças respiratórias (Alnuman & Alshamasneh, 2022). Ter o consentimento informado assinado. Como critérios de exclusão foram considerados, a existência de doenças respiratórias ou comorbilidades associadas (Bostanci et al., 2019). Indivíduos diagnosticados com patologias músculoesqueléticas e cardíacas, fumadores ou que utilizem terapia farmacológica intravenosa (Santos, Viana, & Alexandrino, 2023). Indivíduos com doença arterial coronária conhecida, ou hemorragia alveolar (*Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients*, 2005). A recusa da participação e o não cumprimento de 80% da intervenção.

A exclusão de participantes com patologias relacionadas ao estudo teve como principal objetivo garantir uma população de estudo homogênea, minimizando fatores que pudessem interferir nos resultados e assegurando maior fiabilidade na análise dos efeitos do TMI. Adicionalmente, esta medida segue recomendações de segurança evitando potenciais riscos associados a participação de indivíduos com estas condições.

2.3 Intervenção

Os participantes foram submetidos a 4 semanas de protocolo de intervenção num período compreendido entre junho e julho de 2025, realizado nas instalações da academia. A avaliação inicial e final foram realizadas nas mesmas condições sendo que os grupos GE e GC a realizaram no mesmo dia. Os participantes foram aconselhados a manter o regime de treino e alimentação durante o protocolo de intervenção.

2.4 Características dos participantes

Os dados sociodemográficos e antropométricos foram recolhidos por meio de um questionário estruturado, que inclui informações como idade, peso, altura, sexo, membro dominante, hábitos tabágicos, anos de prática da modalidade, frequência de treino por semana, e presença de eventuais patologias musculoesqueléticas, neurológicas, cardíacas e/ou neurológicas.

2.5 Função Pulmonar em repouso

Foram avaliados, em todos os participantes, os seguintes volumes pulmonares: o VEF1, o CVF, o PFE e o VEF1/CVF, registados no primeiro dia do protocolo e no último dia do mesmo.

A avaliação da função pulmonar em repouso foi realizada através de um espirómetro portátil (Microlab, ML3300, MK6: Micro Medical Limited, Kent, UK) e de um *threshold* (PowerBreathe Kinetic KH2®) cujo uso é amplamente validado por estudos como os de Miller et al. (2005) e Zhang et al. (2020).

O procedimento seguiu as diretrizes da *American Thoracic Society*, tendo sido os participantes previamente instruídos quanto à manobra e à técnica apropriada. Durante os testes, todos os atletas utilizaram um bocal individual e descartável colocado entre os lábios e com mola nasal. Realizaram três tentativas com um período de descanso de um minuto entre cada, e foram incentivados de igual forma ao longo das mesmas, sendo que estas avaliações requerem cooperação entre examinador e participante. A postura adotada foi padronizada, estando os participantes sentados numa cadeira com apoio para os braços e sem rodas, com os pés apoiados no chão e a cabeça em posição neutra (Miller et al. 2005). Os instrumentos foram desinfetados após cada avaliação. A espirometria iniciou-se com três ciclos respiratórios normais, seguidos de uma inspiração máxima, seguida de uma expiração máxima e contínua com duração de 6 segundos. Após a expiração, realizou-se novamente uma inspiração máxima. Os dados foram analisados com base na curva de maior desempenho obtida.

2.6 Treino dos músculos inspiratórios

O TMI foi realizado apenas pelo GE, utilizando um aparelho de resistência à pressão inspiratória (*threshold* – PowerBreathe Kinetic KH2®), que contém uma válvula unidirecional fechada durante a inspiração, obrigando o atleta a aplicar força suficiente

para a abrir e, deste modo, mobilizar o máximo de volume pulmonar (McConnell, 2011). O protocolo foi previamente explicado aos participantes, com instruções sobre a técnica e utilização correta do aparelho. A carga inicial foi definida como 50% do PIM, sendo que, no primeiro dia, os atletas treinaram com a resistência mínima e, na segunda sessão, esta foi aumentada de forma que apenas conseguissem realizar 30 ciclos respiratórios (30RM), partindo do volume residual e com inspiração vigorosa. O cálculo da carga foi realizado através do software do próprio aparelho. O protocolo teve a duração de 4 semanas, uma vez por dia, todos os dias exceto ao domingo com todas as sessões sendo supervisionadas por fisioterapeutas com experiência na técnica e no uso do *threshold*. Estudos indicam que, ao fim de duas semanas de TMI, já ocorrem adaptações neurais, nomeadamente melhorias na coordenação dos músculos sinérgicos (McConnell, 2013; Menezes et al., 2018). No final de cada sessão o equipamento foi sempre desinfetado, tanto o aparelho com o clip nasal.

2.7 Análise estatística

A análise estatística foi efetuada usando o *IBM® SPSS® Statistics vs. 25.0* considerando um nível de significância de 0.05 para todos os testes de inferência. A análise iniciou-se com a deteção de possíveis *outliers* e o teste à normalidade da distribuição das variáveis quantitativas (Teste de *Kolmogorov-Smirnov*). Variáveis como a “Idade”, “Treinos por semana” e “Horas treino” revelaram não ser normalmente distribuídas e serão reportadas na forma mediana (distância Inter quartis). As restantes variáveis serão reportadas na forma média±desvio padrão. A comparação dos dados normalmente distribuídos emparelhados foi feita através do Teste T para amostras emparelhadas ao passo que a comparação das variáveis entre os dois grupos foi efetuada usando o Teste T para amostras independentes. No caso das variáveis “Idade”, “Treinos por semana” e “Horas treino” recorreu-se ao teste não-paramétrico *Wilcoxon-Mann-Whitney* e para comparar os dois grupos. Utilizou-se uma análise de covariância para comparar os resultados pós-teste dos grupos Experimental e Controlo tomando como covariável os resultados pré-teste. As diferenças estatisticamente significativas ($p < 0.05$) são assinaladas a negrito e com asterisco (*).

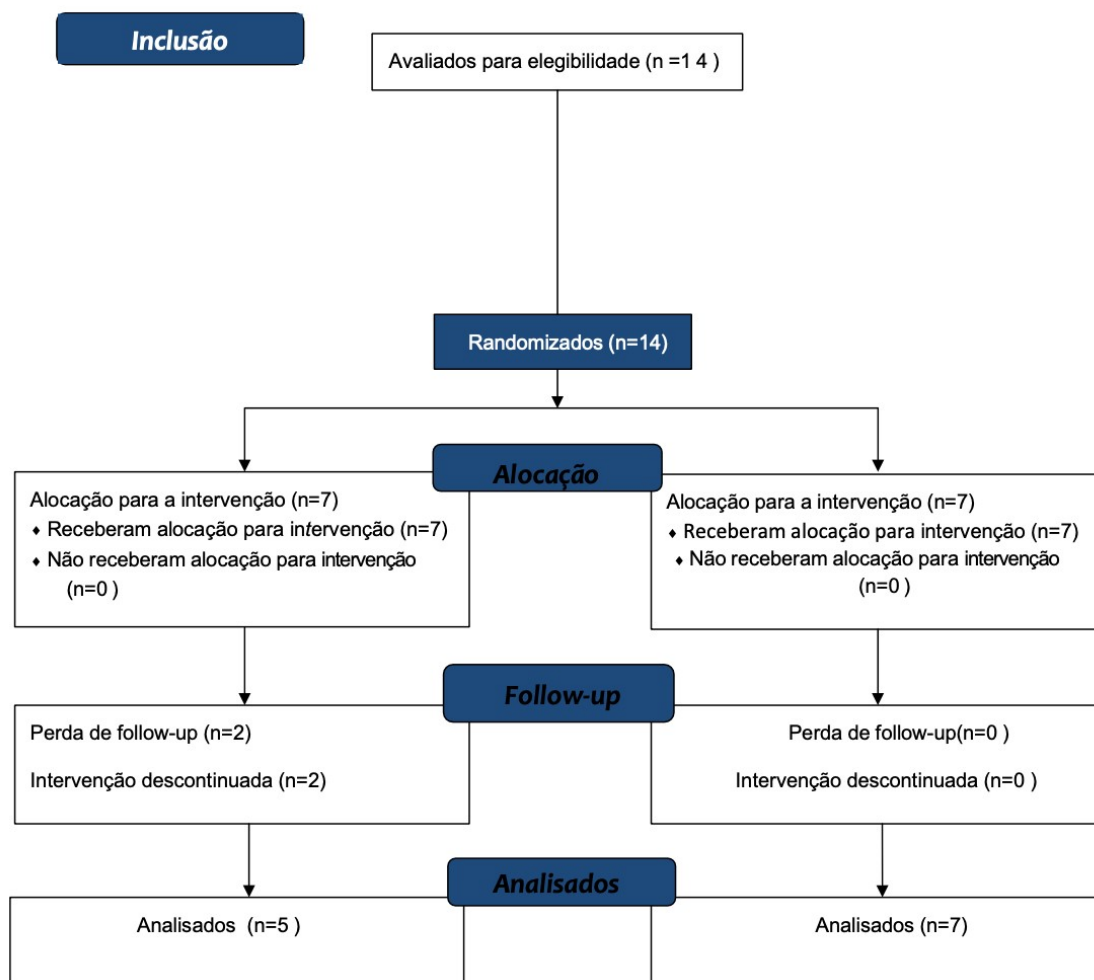


Figura 1. Diagrama de fluxo

3. Resultados

3.1 Participantes

Participaram no estudo 14 atletas do sexo masculino (Figura 1), divididos equitativamente entre o GE (n=7) e o GC (n=7); contudo dois atletas do GE foram excluídos devido ao não cumprimento dos 80% de presenças. No que diz respeito às características sociodemográficas e antropométricas, não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. A mediana da idade foi de 21 anos em ambos os grupos, com intervalos interquartis de [19; 24] para o GE e [18; 28] para o GC. Na variável da altura, a média no GE foi de 180 ± 4 cm e no GC de 176 ± 5 cm.

Relativamente ao peso corporal, o GE apresentou uma média de $75,9 \pm 12,5$ kg e o GC de $70,4 \text{ kg} \pm 9,7\text{kg}$. Ambos os grupos treinaram em média 6 dias por semana, com uma mediana de [5; 6] no GE e [6; 6] no GC.

No que respeita às variáveis espirométricas antes da intervenção, também não se registaram diferenças significativas, à exceção do CVF, que foi significativamente superior no GE ($5,2 \pm 0,4$ L) comparativamente ao GC ($4,7 \pm 0,2$ L), com $p=0,028$. As restantes variáveis espirométricas apresentaram os seguintes resultados VEF1 ($p=0,650$), VEF1% ($p=0,761$), CVF% ($p=0,203$), PFE ($p=0,270$), PFE% ($p=0,150$), VEF1/CVF ($p=0,222$) e VEF1/CVF% ($p=0,201$) (Tabela1).

Tabela 1. Comparação das características antropométricas e parâmetros espirométricos entre o grupo experimental e grupo de controlo no início do estudo.

| Variável | Experimental (n=7) | Controlo (n=7) | p |
|-----------------------------|--------------------|----------------|---------------|
| Idade (anos) | 21 [19; 24] | 21 [18; 28] | 1.000 |
| Altura (cm) | 180 ± 4 | 176 ± 5 | 0.208 |
| Peso (kg) | 75.9 ± 12.5 | 70.4 ± 9.7 | 0.377 |
| Freq. Semanal (dias) | 6 [5; 6] | 6 [6; 6] | 0.710 |
| VEF1 (L) | 4.3 ± 0.7 | 4.2 ± 0.2 | 0.650 |
| VEF1 % | 96 ± 13 | 97 ± 7 | 0.761 |
| CVF(L) | 5.2 ± 0.4 | 4.7 ± 0.2 | 0.028* |
| CVF % | 96 ± 5 | 92 ± 6 | 0.203 |
| PFE (L/s) | 7.0 ± 2.0 | 8.0 ± 1.1 | 0.270 |
| PFE % | 69 ± 18 | 81 ± 12 | 0.150 |
| VEF1/CVF | 83.3 ± 10.2 | 88.7 ± 4.5 | 0.222 |
| VEF1/CVF % | 100 ± 12 | 107 ± 6 | 0.201 |

*valores estatisticamente significativos ($p<0.05$); média \pm desvio padrão ou mediana [amplitude interquartis]; VEF1- volume expiratório no primeiro segundo; CVF – capacidade vital forçada; PFE – pico de fluxo expiratório; VEF1 / FVC – Índice de *tiffeneau*

3.2 Função pulmonar

A Tabela 2 apresenta a comparação entre os valores obtidos na avaliação inicial e final tanto do GE como do GC. No GE registou-se diferenças estatisticamente significativas no VEF1 e no PFE com valor de $p=0.009$ e $p=0.009$ respetivamente. Em relação aos

parâmetros, CVF e VEF1/CVF, não se observaram alterações significativas quer no GE, quer no GC. No entanto, foi possível verificar uma tendência de melhoria nos valores de VEF1/CVF ao longo do tempo no GE.

Tabela 2. Comparação dos volumes da função pulmonar entre a avaliação inicial e final do GE (n=5) e do GC (n=7).

| Variável | Grupo | Avaliação Inicial | Avaliação Final | p |
|----------------|-------|-------------------|-----------------|---------------|
| VEF1 (L) | GE | 4.0 ± 0.5 | 4.3 ± 0.4 | 0.009* |
| | GC | 4.2 ± 0.3 | 4.1 ± 0.2 | 0.203 |
| CVF (L) | GE | 5.0 ± 0.2 | 5.0 ± 0.3 | 0.607 |
| | GC | 4.7 ± 0.2 | 5.0 ± 0.7 | 0.357 |
| PFE (L/s) | GE | 6.1 ± 1.2 | 8.8 ± 1.2 | 0.009* |
| | GC | 8.0 ± 1.1 | 9.0 ± 1.4 | 0.045 |
| VEF1 / FVC (%) | GE | 80.9 ± 11.4 | 85.9 ± 6.9 | 0.141 |
| | GC | 88.7 ± 4.5 | 86.2 ± 5.3 | 0.263 |

*valores estatisticamente significativos ($p < 0.05$); média ± desvio padrão; VEF1- volume expiratório no primeiro segundo; CVF – capacidade vital forçada; PFE – pico de fluxo expiratório; VEF1 / FVC – Índice de *tiffeneau*

De acordo com a Tabela 3, na avaliação final o VEF1 apresentou um valor de $p=0,008$, indicando uma diferença estatística clara entre o GE e o GC. Já nas variáveis CVF ($p=0,884$), PFE ($p=0,228$) e VEF1/CVF ($p=0,224$), não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos.

Tabela 3. Comparação dos volumes da função pulmonar da avaliação final entre o GE (n=5) e o GC (n=7).

| Variável | GE (n=5) | GC (n=7) | p |
|-------------------------|------------|------------|---------------|
| VEF1 (L) | 4.3 ± 0.4 | 4.1 ± 0.2 | 0.008* |
| CVF (L) | 5.0 ± 0.3 | 5.0 ± 0.7 | 0.884 |
| PFE (Ls ⁻¹) | 8.8 ± 1.2 | 9.0 ± 1.4 | 0.228 |
| VEF1 / FVC (%) | 85.9 ± 6.9 | 86.2 ± 5.3 | 0.224 |

*valores estatisticamente significativos ($p < 0.05$); média ± desvio padrão; VEF1- volume expiratório no primeiro segundo; CVF – capacidade vital forçada; PFE – pico de fluxo expiratório; VEF1 / FVC – Índice de *tiffeneau*

4. Discussão

4.1 Este é o primeiro estudo randomizado controlado a analisar o efeito do TMI na função pulmonar de atletas de boxe de competição. Atualmente, não existem dados disponíveis sobre os efeitos do TMI na função pulmonar em repouso nesta modalidade, sendo assim, o objetivo deste estudo foi investigar o impacto do TMI na função pulmonar de atletas de boxe do género masculino.

4.2 A variável VEF1 representa a rapidez com que o ar é expelido no primeiro segundo de uma expiração forçada e depende, sobretudo, da resistência das vias aéreas e da força dos músculos respiratórios (Rodrigues & McConnell, 2024). Deste modo, em modalidades como o boxe, caracterizadas por esforços intermitentes e elevada exigência ventilatória, o VEF1 assume particular importância como indicador de eficiência respiratória durante exercícios de alta intensidade (Chang et al., 2021).

Na análise atual, observou-se um aumento significativo do VEF1 intragrupo no GE ($4,0 \pm 0,5 \rightarrow 4,3 \pm 0,4$ L) e valores superiores na avaliação final em comparação ao GC ($4,2 \pm 0,3$ L vs. $4,1 \pm 0,2$ L), o que evidencia que o TMI induziu adaptações respiratórias eficazes. Em concordância com estes achados, Alnuman & Alshamasneh (2022) verificaram melhorias significativas no VEF1 e na razão VEF1/CVF em atletas de MMA e kickboxing após TMI. Adicionalmente, a meta-análise de HajGhanbari et al. (2013) reforça que protocolos estruturados de TMI em atletas tendem a melhorar o VEF1, sobretudo quando aplicados com carga progressiva e duração superior a quatro semanas. Em contrapartida, estudos em modalidades com elevada base ventilatória, como os de Carvajal-Tello et al. (2024) e Cunha et al. (2019), sugerem que o VEF1 pode não sofrer alterações significativas em protocolos curtos, o que reforça a influência da modalidade e do perfil fisiológico inicial do atleta na resposta ao TMI. Assim, a melhoria observada no VEF1 do GE neste estudo reforça a eficácia do TMI em modalidades de combate, que dependem de explosões ventilatórias rápidas durante esforços intermitentes.

4.3 O fator PFE, por sua vez, corresponde ao maior fluxo de ar alcançado durante uma expiração forçada e está diretamente relacionado à força dos músculos expiratórios e à integridade das vias aéreas (Rodrigues & McConnell, 2024). No contexto desportivo, este

parâmetro atua como marcador de potência ventilatória, sendo especialmente relevante em modalidades nas quais a rapidez de renovação do ar influencia a performance.

Na investigação atual, verificou-se um aumento significativo do PFE intragrupo no GE ($6,1 \pm 1,2 \rightarrow 8,8 \pm 1,2$ L/s; $p = 0,009$), com uma diferença marginal intergrupo na avaliação final, enquanto o GC manteve valores estáveis ($8,0 \pm 1,1 \rightarrow 9,0 \pm 1,4$ L/s). Estes resultados sugerem que o TMI promoveu uma melhoria funcional evidente na potência respiratória dos atletas de boxe. Este padrão é consistente com os achados de Vasconcelos et al. (2017), que demonstraram aumento do PFE após TMI em jogadoras de basquetebol, e de Alnuman & Alshamasneh (2022) em modalidades de combate. De forma complementar, Fernández-Lázaro et al. (2022) e Ren et al. (2025) destacam que o aumento da força inspiratória e da coordenação neuromuscular respiratória oferece maior eficiência ventilatória, traduzida em elevação do PFE.

Na prática, o aumento do PFE melhora a capacidade de expulsar ar rapidamente, o que favorece a ventilação durante esforços repetidos uma característica essencial no boxe competitivo.

4.4 A medida CVF corresponde ao volume máximo de ar que pode ser expirado de forma forçada após uma inspiração completa, refletindo tanto a expansibilidade pulmonar quanto a coordenação dos músculos respiratórios (Rodrigues & McConnell, 2024).

Conseqüentemente, este parâmetro indica a capacidade ventilatória máxima e é relevante para sustentar esforços intensos e prolongados no boxe (Chang et al., 2021).

Neste estudo, verificou-se uma diferença estatisticamente significativa intergrupo na avaliação inicial, com valores superiores no GE ($5,2 \pm 0,4$ L) em relação ao GC ($4,7 \pm 0,2$ L; $p = 0,028$). No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos na avaliação final, nem variações intragrupo, indicando que o TMI de curta duração não promoveu alterações mensuráveis na CVF.

Este comportamento está em consonância com a literatura recente. Fernández-Lázaro et al. (2022) reportaram que os efeitos do TMI sobre a CVF são frequentemente discretos ou inexistentes, enquanto Cunha et al. (2019) confirmaram ausência de alterações significativas em nadadores de elite após quatro semanas de TMI. Ainda assim, Alnuman & Alshamasneh (2022) demonstraram melhorias na CVF em modalidades de combate, sugerindo que protocolos mais longos ou com cargas progressivas podem induzir ganhos adicionais.

Desta forma, a estabilidade da CVF nos atletas deste estudo reforça que o TMI, em programas curtos, atua principalmente na eficiência de fluxo e força inspiratória, mais do que na alteração de volumes pulmonares.

4.5 Relativamente ao VEF1/CVF, definido pela relação entre o VEF1 e a CVF, é utilizado para avaliar a permeabilidade das vias aéreas, sendo valores $\geq 80\%$ indicativos de normalidade em indivíduos saudáveis (Silva et al., 2005; Rodrigues & McConnell, 2024). No estudo em questão, os valores mantiveram-se dentro da normalidade em todas as avaliações, tanto no GE ($80,9 \pm 11,4 \rightarrow 85,9 \pm 6,9 \%$) como no GC ($88,7 \pm 4,5 \rightarrow 86,2 \pm 5,3 \%$), sem diferenças significativas, quer intragrupo quer intergrupo ($p > 0,05$). Estes resultados indicam que o TMI não promoveu alterações relevantes na relação entre o fluxo expiratório inicial e a capacidade vital, refletindo ausência de mudanças significativas na resistência das vias aéreas.

Esta tendência é confirmada por Fernández-Lázaro et al. (2022), que mostraram que o TMI aumenta a força inspiratória (MIP), mas raramente altera índices derivados de razões entre volumes pulmonares. De forma similar, Cunha et al. (2019) observaram ausência de alterações significativas no índice de Tiffeneau em nadadores de elite após TMI de quatro semanas, espelhando os dados do presente estudo. Por outro lado, Alnuman & Alshamasneh (2022) registaram tendência de melhoria do VEF1/CVF em atletas de combate, embora sem impacto clínico relevante, reforçando que este índice é pouco sensível em protocolos curtos ou em atletas saudáveis.

4.6 Em síntese, os resultados do presente estudo demonstraram que o TMI promoveu melhorias significativas no VEF1 e no PFE nos atletas de boxe do GE, enquanto a CVF e o VEF1/CVF índice de Tiffeneau se mantiveram estáveis, corroborando parcialmente a literatura recente. Estudos prévios sugerem que protocolos de TMI em modalidades intermitentes induzem adaptações ventilatórias relevantes, mas nem sempre uniformes entre todos os parâmetros respiratórios.

Importa salientar que o desenho de estudo incluiu uma divisão de participantes em GE e GC permitindo assim comparar diretamente os efeitos do TMI. Para além disso a avaliação em dois momentos distintos possibilitou analisar a evolução ao longo do tempo. Embora ambos mostraram melhorias o GE mostrou melhorias significativas

No contexto do boxe competitivo, caracterizado por esforços intermitentes de alta intensidade, estes resultados reforçam a aplicabilidade do TMI como estratégia para otimizar a ventilação rápida e eficaz, favorecendo maior expulsão de ar (PFE) e aumento do fluxo inicial expiratório (VEF1), ainda que os volumes pulmonares máximos (CVF) e as razões derivadas (VEF1/CVF) permaneçam estáveis em protocolos de curta duração.

4.7 Como principais limitações do presente estudo, destaca-se a reduzida dimensão amostral, a exclusão de dois participantes por não cumprirem o critério mínimo de 80% de presença, o que pode ter limitado a potência estatística e a generalização dos resultados e a divergência de horário de treinos dos atletas. Outra limitação prende-se com a inexequibilidade em medir parâmetros complementares de força respiratória, como a capacidade vital inspiratória, a pressão inspiratória máxima (PImáx) e a pressão expiratória máxima (Pemáx), que permitiriam uma análise mais detalhada dos mecanismos fisiológicos subjacentes ao TMI.

Além disso, o tempo relativamente curto de intervenção (4 semanas) e o protocolo diário único podem não ter sido suficientes para induzir alterações expressivas em parâmetros de volume pulmonar, como a CVF ou o VEF1/CVF, que tipicamente exigem protocolos mais longos ou cargas progressivas. Ressalta-se também a ausência de medição direta da performance desportiva, como testes específicos de tolerância ao esforço ou de tempo de reação em combate, que permitiriam correlacionar as melhorias ventilatórias com benefícios competitivos objetivos.

4.8 Para futuros estudos, recomenda-se a realização de ensaios randomizados controlados com amostras maiores, protocolo de TMI mais prolongado e com progressão de carga, e a inclusão de medidas de performance funcional e competitiva. A incorporação de avaliações completas da função respiratória incluindo PImáx, Pemáx e capacidade vital inspiratória permitirá elucidar com maior precisão o impacto do TMI no desempenho de atletas de boxe e em modalidades de carácter intermitente.

5. Conclusão

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que o treino dos músculos inspiratórios com recurso ao *threshold* teve um impacto positivo na melhoria do VEF1 e no PFE nos atletas de boxe, após 4 semanas de intervenção.

Bibliografia:

Al-Ashkar, F., Mehra, R., & Mazzone, P. J. (2003). Interpreting pulmonary function tests: Recognize the pattern, and the diagnosis will follow. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 70(10), 813–820. <https://doi.org/10.3949/ccjm.70.10.813>

Alnuman, N., & Alshamasneh, A. (2022). The effect of inspiratory muscle training on the pulmonary function in mixed martial arts and kickboxing athletes. *Journal of Human Kinetics*, 81(1), 53–63. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0005>

Bhakta, N. R., & McGowan, A. (2023). European Respiratory Society/American Thoracic Society technical statement: Standardisation of the measurement of lung volumes, 2023 update. <https://doi.org/10.1183/13993003.01519-2022>

Bostanci, Ö., Mayda, H., Yılmaz, C., Kabadayı, M., Yılmaz, A. K., & Özdal, M. (2019). Inspiratory muscle training improves pulmonary functions and respiratory muscle strength in healthy male smokers. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 264, 28–32. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.04.001>

Bruzas, V., Stasiulis, A., Cepulenas, A., Mockus, P., Statkeviciene, B., & Subacius, V. (2014). Aerobic capacity is correlated with the ranking of boxers. *Perceptual and Motor Skills*, 119(1), 50–58. <https://doi.org/10.2466/30.29.PMS.119c12z9>

Carvajal-Tello, N., Ortega, J. G., Caballero-Lozada, A. F., Devia-Quiñonez, M. J., González-Calzada, I., Rojas-Hernández, D., & Segura-Ordoñez, A. (2024). Effects of inspiratory muscle training on lung function parameter in swimmers: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1429902. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1429902>

Chang, Y. C., Chang, H. Y., Ho, C. C., Lee, P. F., Chou, Y. C., Tsai, M. W., & Chou, L. W. (2021). Effects of 4-week inspiratory muscle training on sport performance in college 800-meter track runners. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 57(1), 72. <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>

Cheema, B. S., Davies, T. B., Stewart, M., Papalia, S., & Atlantis, E. (2015). The feasibility and effectiveness of high-intensity boxing training versus moderate-intensity

brisk walking in adults with abdominal obesity: A pilot study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 7, 3. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-7-3>

Cunha, M., Mendes, F., Paciência, I., Rodolfo, A., Carneiro-Leão, L., Rama, T., Rufo, J., Delgado, L., & Moreira, A. (2019). The effect of inspiratory muscle training on swimming performance, inspiratory muscle strength, lung function, and perceived breathlessness in elite swimmers: A randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal*, 4(6), e49. <https://doi.org/10.1097/j.pbj.0000000000000049>

de Lira, C. A., Peixinho-Pena, L. F., Vancini, R. L., de Freitas Guina Fachina, R. J., de Almeida, A. A., Andrade, M. dos S., & da Silva, A. C. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: A cross sectional study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4, 175–182. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S44807>

Fabero-Garrido, R., Del Corral, T., Plaza-Manzano, G., Sanz-Ayan, P., Izquierdo-García, J., & López-de-Uralde-Villanueva, I. (2024). Effects of respiratory muscle training on exercise capacity, quality of life, and respiratory and pulmonary function in people with ischemic heart disease: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, 104(3), pzad164. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzad164>

Fernández-Lázaro, D., Corchete, L. A., García, J. F., Jerves Donoso, D., Lantarón-Caeiro, E., Cobreros Mielgo, R., Mielgo-Ayuso, J., Gallego-Gallego, D., & Seco-Calvo, J. (2022). Effects on respiratory pressures, spirometry biomarkers, and sports performance after inspiratory muscle training in a physically active population by Powerbreathe®: A systematic review and meta-analysis. *Biology*, 12(1), 56. <https://doi.org/10.3390/biology12010056>

Ferreira, D. M. P., Santos, M. C. de S., Rocha, R. S. B., & Esteves, T. C. (2024). Os efeitos do treinamento muscular inspiratório em atletas: Uma revisão sistemática. *RBPfEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 18(116), 398–406. <https://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/2906>

HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., Palmer, S. A., Toy, M. A., Walsh, C., Sheel, A. W., & Reid, W. D. (2013). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with

metaanalyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1643–1663.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318269f73f>

Hopewell, S., Chan, A. W., Collins, G. S., Hróbjartsson, A., Moher, D., Schulz, K. F., ... Boutron, I. (2025). CONSORT 2025 statement: Updated guideline for reporting randomised trials. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 389, e081123.
<https://doi.org/10.1136/bmj-2024-081123>

Kayacan, Y., İslamoğlu, İ., & Birinci, M. C. (2018). Respiratory functions and anatomical balance in boxers. *SPORMETRE*, 16(4), 12–20.
https://doi.org/10.1501/Sporm_0000000390

McConnell, A. (2011). Breath strong, perform better. *Human Kinetics*.

McConnell, A. (2013). *Respiratory muscle training: Theory and practice* (1st ed.). Churchill Livingstone.

Menezes, K., Nascimento, L., Avelino, P., Polese, J., & Salmela, L. (2018). A review on respiratory muscle training devices. *Journal of Pulmonary & Respiratory Medicine*, 8(2), 1–7.

Miller, M., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., ... Wagner, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319–338.

Mitchell, J. H., Haskell, W., Snell, P., & Van Camp, S. P. (2005). Task Force 8: Classification of sports. *Journal of the American College of Cardiology*, 45(8), 1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>

Parodi-Feye, A. S., Cappuccio-Díaz, Á. D., & Magallanes-Mira, C. A. (2023). Effects of inspiratory muscle training on physiological performance variables in women's handball. *Journal of Human Kinetics*, 89(1), 101–112. <https://doi.org/10.5114/jhk/169366>

Ren, Z., Guo, J., He, Y., Luo, Y., & Wu, H. (2025). Effects of inspiratory muscle training on respiratory muscle strength, lactate accumulation and exercise tolerance in amateur runners: A randomized controlled trial. *Life*, 15(5), 705.
<https://doi.org/10.3390/life15050705>

Rodrigues, G. D., & McConnell, A. K. (2024). The misuse of respiratory resistive loading during aerobic exercises: Revisiting mechanisms of “standalone” inspiratory muscle training. *American Journal of Physiology–Lung Cellular and Molecular Physiology*, 327(6), L815–L817. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00396.2023>

Santos, J., Viana, R., & Alexandrino, A. (2023). Effects of inspiratory muscle training on performance athletes: A systematic review. In A. Martins Amaro et al. (Eds.), *Proceedings of the 10th Congress of the Portuguese Society of Biomechanics, CNB 2023* (Lecture Notes in Bioengineering, pp. 659–671). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47790-4_59

Santos, J., Viana, R., & Alexandrino, A. (2023). What is the relationship between inspiratory muscle training and performance and respiratory biomechanics in athletes? In A. Amaro, L. Roseiro, et al. (Eds.), *Proceedings of the 10th Congresso Nacional de Biomecânica* (pp. 1–10). Figueira da Foz, Portugal: 5–6 de maio, 2023.

Shei, R. J., Paris, H. L., Wilhite, D. P., Chapman, R. F., & Mickleborough, T. D. (2016). The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(4), 327–334. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1176546>

Silva, L. C. C., Rubin, A. S., Silva, L. M. B., & Fernandes, A. L. G. (2005). Função pulmonar: Espirometria. *Artmed*.

Vasconcelos, T., Hall, A., & Viana, R. (2017). The influence of inspiratory muscle training on lung function in female basketball players: A randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal*, 2(3), 86–89. <https://doi.org/10.1016/j.pbj.2016.12.003>

Zhang, H., Li, L., Jiao, D., Yang, Y., Pan, C., Ye, L., Wei, S., & Jin, M. (2020). An interrater reliability study of pulmonary function assessment with a portable spirometer. *Respiratory Care*, 65(5), 665–672. <https://doi.org/10.4187/respcare.07116>

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Considerando a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial
(Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000)

Efeitos do treino dos músculos inspiratórios na função pulmonar em pugilistas

Estudo Randomizado Controlado

Eu, abaixo-assinado, (nome completo do doente ou voluntário são) -----

-----, compreendi a explicação que me foi fornecida acerca da minha participação na investigação que se tenciona realizar, bem como do estudo em que serei incluído. Foi-me dada oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias e de todas obtive resposta satisfatória.

Tomei conhecimento de que, de acordo com as recomendações da Declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada versou os objectivos e os métodos e, se ocorrer uma situação de prática clínica, os benefícios previstos, os riscos potenciais e o eventual desconforto. Além disso, foi-me afirmado que tenho o direito de recusar a todo o tempo a minha participação no estudo, sem que isso possa ter como efeito qualquer prejuízo pessoal.

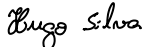
Por isso, consinto que me seja aplicado o método ou o tratamento, se for caso disso, propostos pelo investigador.

Data: ____ / ____ / 20__

Assinatura do doente ou voluntário são: _____

O Investigador responsável:

Nome: Hugo Guimarães Silva

Assinatura: 

Questionário sócio-demográfico

Dados pessoais

Idade: _____ Sexo: Feminino ___ Masculino: ___

Peso: _____ kg Altura: _____ m Membro Dominante: _____

Hábitos tabágicos?

Sim () Não () Algumas vezes ()

Há quanto tempo pratica boxe? _____

Com que frequência treina por semana? _____

Você já participou em competições de boxe?

Sim () Não ()

Tem alguma patologia cardíaca, respiratória, neurológica e/ou musculoesquelética?

Sim () Não ()

Se sim, por favor, indique quais? _____

Encontra-se a tomar medicação?

Sim () Não ()

Se sim, por favor, indique quais? _____

Pratica ou já praticou outro esporte?

Sim () Não ()

Se sim, por favor, indique quais? _____

Obrigado pela sua colaboração!

Exmo. Sr. Fernando Kinguell

Assunto: Colaboração num estudo de investigação

Nome do investigador: Hugo Guimarães Silva

Título do projeto de investigação: Efeitos do treino dos músculos inspiratórios na função pulmonar em pugilistas.

O estudo tem como objetivo avaliar os efeitos do treino dos músculos inspiratórios na função pulmonar e desempenho cardiovascular de pugilistas, com foco na sua capacidade respiratória durante esforços intensos, sob a orientação do Docente Fisioterapeuta Rui Antunes Viana. Pretendendo realizar o mesmo na Don Kinguell Academy.

A avaliação do atleta será realizada através de um teste de espirometria, que será realizado em dois momentos, na semana anterior à aplicação da técnica e o segundo momento será realizado na semana posterior à aplicação da técnica. Estas sessões não terão qualquer tipo de custo ou risco para o atleta.

A implementação da técnica terá uma duração de 4 semanas.

O atleta tem o direito de não participar ou de querer desistir a qualquer momento do estudo, sem que tenha qualquer penalização.

Os dados recolhidos serão única e exclusivamente utilizados para o projeto e os resultados serão veiculados através de artigos científicos, encontros científicos e congressos, sem nunca tornar público a sua identificação.

Após a conclusão do trabalho, entregar-se-á à Don Kinguell Academy um exemplar do mesmo.

Com os melhores cumprimentos,

Hugo Guimarães Silva.

Porto, 2 de janeiro de 2025

O INVESTIGADOR

DON KINGUELL ACADEMY

Exmo. Sr. Fernando Kinguell

Assunto: Colaboração num estudo de investigação

Nome do investigador: Hugo Guimarães Silva

Título do projeto de investigação: Efeitos do treino dos músculos inspiratórios na função pulmonar em pugilistas.

O estudo tem como objetivo avaliar os efeitos do treino dos músculos inspiratórios na função pulmonar e desempenho cardiovascular de pugilistas, com foco na sua capacidade respiratória durante esforços intensos, sob a orientação do Docente Fisioterapeuta Rui Antunes Viana. Pretendendo realizar o mesmo na Don Kinguell Academy.

A avaliação do atleta será realizada através de um teste de espirometria, que será realizado em dois momentos, na semana anterior à aplicação da técnica e o segundo momento será realizado na semana posterior à aplicação da técnica. Estas sessões não terão qualquer tipo de custo ou risco para o atleta.

A implementação da técnica terá uma duração de 4 semanas.

O atleta tem o direito de não participar ou de querer desistir a qualquer momento do estudo, sem que tenha qualquer penalização.

Os dados recolhidos serão única e exclusivamente utilizados para o projeto e os resultados serão veiculados através de artigos científicos, encontros científicos e congressos, sem nunca tornar público a sua identificação.

Após a conclusão do trabalho, entregar-se-á à Don Kinguell Academy um exemplar do mesmo.

Com os melhores cumprimentos,

Hugo Guimarães Silva.

Porto, 2 de janeiro de 2025

O INVESTIGADOR

Hugo Guimarães Silva

DON KINGUELL ACADEMY

