



Universidade de Évora - Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano

Mestrado em Exercício e Saúde

Dissertação

**Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em
natação pura desportiva**

Ana Luísa Abreu Alferes Lourido

Orientador(es) | Nuno Miguel Prazeres Batalha
José Alberto Parraça

Évora 2024



Universidade de Évora - Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano

Mestrado em Exercício e Saúde

Dissertação

**Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em
natação pura desportiva**

Ana Luísa Abreu Alferes Lourido

Orientador(es) | Nuno Miguel Prazeres Batalha
José Alberto Parraça

Évora 2024



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano:

Presidente | Pablo Tomas-Carus (Universidade de Évora)

Vogais | João Paulo Brites de Sousa (Universidade de Évora) (Arguente)
Nuno Miguel Prazeres Batalha (Universidade de Évora) (Orientador)

“Impossible is just a big word thrown around by small men who find it easier to live in the world they've been given than to explore the power they have to change it. Impossible is not a fact. It's an opinion. Impossible is not a declaration. It's a dare. Impossible is potential. Impossible is temporary. Impossible is nothing.” Muhammad Ali

ÍNDICE

Índice de Figuras	4
Índice de Tabelas	5
Abreviaturas.....	6
Agradecimentos	8
Resumo	9
Abstract.....	10
1. Introdução.....	12
2. Revisão de literatura.....	15
2.1. Os músculos respiratórios	15
2.1.1. O diafragma.....	17
2.1.2. Músculos da caixa torácica	17
2.1.3. Músculos da parede abdominal	18
2.2. A capacidade dos músculos respiratórios	19
2.3. Volume e capacidade pulmonar.....	20
2.4. Espirometria.....	21
2.5. Apneia	22
2.6. A fadiga dos músculos respiratórios	23
2.7. O Treino Muscular Respiratório no exercício	24
2.8. O Treino Muscular Respiratório na natação	25
3. Objetivos	31
4. Metodologia	33
4.1. Amostra	33
4.2. Procedimento experimental	34
Desenho do estudo.....	35
4.3.	35
4.4. Protocolos de avaliação	36
4.4.1 Avaliação de parâmetros antropométricos e avaliação corporal	36
4.4.2. Pressão Inspiratória Máxima	37
4.4.3. Pressão Expiratória Máxima.....	37
4.4.4. Teste de Apneia	38
4.4.5. Teste de 200 metros e 400 metros crol	38
4.5. Treino dos Músculos Respiratórios	39
4.6. Treino de natação.....	40
4.7. Recolha de dados	40

4.8. Confidencialidade dos registos	40
4.9. Análise estatística	41
5. Resultados	43
5.1. Efeito do programa de Treino Muscular Respiratório na performance de jovens nadadores	45
5.2. Efeito do programa de Treino Muscular Respiratório na capacidade inspiratória e expiratória máxima de jovens nadadores	46
5.3. Efeito do programa de Treino Muscular Respiratório na capacidade de apneia 47	
6. Discussão.....	49
7. Conclusões e direções futuras	57
Referências Bibliográficas.....	59

Índice de Figuras

Figura 1 - Parede abdominal	16
Figura 2 - Músculos respiratórios	16
Figura 3 - Desenho do estudo	35
Figura 4 - Medição altura	36
Figura 5 - Medição IMC	36
Figura 6 – Teste PEM	37
Figura 7 – Teste PIM	37
Figura 8 – Teste PEM	37
Figura 9 – Teste de Apneia metros e segundos	38
Figura 10 – Registo dos dados	38
Figura 11 – Teste 200 metros crol	39

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Termos utilizados nas medições de espirometria	22
Tabela 2 – Estudos realizados	28, 29
Tabela 3 – Amostra por grupo e género	34
Tabela 4 – Análise descritiva da amostra na baseline por grupo através da média e Desvio Padrão (DP)	43
Tabela 5 – Efeitos da intervenção nas variáveis antropométricas	44
Tabela 6 – Resultados no teste de 200 e 400 metros crol e efeitos da intervenção	45
Tabela 7 – Resultados PIM e PEM e efeitos da intervenção	46
Tabela 8 – Resultados teste apneia segundos e metros e efeitos da intervenção	47

Abreviaturas

AIDA- International Association for the Development of Apnea

Anova - Análise de variância, do inglês Analysis of Variance

CI – Capacidade Inspiratória

COVID-19 - Doença humana causada pelo vírus SARS-CoV-2

CPT – Capacidade Pulmonar Total

CRF – Capacidade Residual Funcional

CV – Capacidade Vital

CV – Capacidade Vital

CVF – Capacidade Vital Forçada

FEF 25%-75% – Fluxo Expiratório Forçado

IMC – Índice de Massa Corporal

MG – Massa Gorda

MM – Massa Magra

MVV – Volume Máximo Ventilatório

PEM – Pressão Expiratória Máxima

PEMaxCPT – Medição da Pressão Expiratória Máxima pela Capacidade Pulmonar Total

PEMaxCRF – Medição da Pressão Expiratória Máxima pela Capacidade Residual Funcional

PIM – Pressão Inspiratória Máxima

PIMaxVR – Medição da Pressão Inspiratória Máxima pelo Valor Residual

PIMaxCRF – Medição da Pressão Inspiratória Máxima pela Capacidade Residual Funcional

Ana Lourido – Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em natação pura desportiva

SARS-CoV-2 - Síndrome Respiratório Agudo e Grave causado pelo Coronavírus 2

SDRA - Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo

SPSS – Statistical Package for Social Sciences

TMI – Treino Muscular Inspiratório

TMR – Treino Muscular Respiratório

VC – Volume Corrente

VEF – Volume Expiratório Forçado

VEF % –% expirada durante 1 segundo

VO²Máx – Volume de Oxigénio Máximo

VR – Volume Residual

VRE – Volume de Reserva Expiratório

VRI – Volume de Reserva Inspiratório

Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem a disponibilidade e a amabilidade do Clube Naval Setubalense, particularmente da sua diretora, Adelaide Botelho, do professor Mário Espada, dos treinadores, Miguel Galvão e Nuno Pereira e dos seus atletas e pais dos atletas. Agradecer ainda à Universidade da Extremadura e à professora Maria Dolores Arenas pela cedência dos equipamentos e pela sua ajuda e disponibilidade no estudo, e em particular na recolha de dados. Por último, este trabalho não seria possível sem o apoio incansável, a dedicação e a disponibilidade dos meus orientadores, o professor Nuno Batalha e o professor José Parraça, professores da Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano da Universidade de Évora.

Resumo

O desempenho muscular respiratório pode ser descrito em termos de força e resistência e pode ser avaliado através da pressão inspiratória máxima (PIM) e pressão expiratória máxima (PEM). Esta avaliação da força e da resistência dos músculos respiratórios pode ser realizada com recurso a diferentes técnicas e diferentes protocolos, sendo que a medição da PIM e da PEM têm sido amplamente utilizadas e têm sido utilizados aparelhos que também são usados para o treino muscular respiratório (TMR). A fadiga dos músculos respiratórios pode prejudicar a performance em vários desportos. Foi demonstrado que o TMR melhorou a PIM em vários desportos, melhorou o desempenho no teste de tempo de ciclismo, natação, corrida e remo e demonstrou melhorias nas performances de natação e de natação subaquática com barbatanas. Estes resultados sugerem que o TMR aumenta a capacidade inspiratória e expiratória máxima permitindo a extensão do tempo que um nadador pode ficar submerso, assim como melhora a velocidade de contração dos músculos respiratórios melhorando o desempenho de nadadores. O objetivo geral deste estudo foi analisar os efeitos do TMR na performance de nadadores jovens num programa de 14 semanas de treino combinado de TMR e natação. 23 nadadores jovens foram recrutados para o estudo experimental para o qual se dividiu aleatoriamente a amostra em dois grupos: grupo experimental (GE) e grupo de controlo (GC). O GE realizou, para além do treino de natação, 14 semanas de TMR. O GC realizou apenas o treino de natação. Ambos os grupos seguiram o mesmo programa de treino de natação com a mesma carga de treino. Foi avaliada a PIM e a PEM a ambos os grupos antes e no final da intervenção e foram realizados três testes de performance: um teste de 200 metros de crol a ritmo de prova, um teste de 400 metros de crol a ritmo de prova e um teste de apneia. Os resultados obtidos revelaram que o treino muscular respiratório em conjunto com a natação não teve efeitos significativos na performance, na PIM e na PEM nem na capacidade de apneia dos atletas. Apesar do efeito na performance não ser significativo, o programa teve um efeito grande na performance nos 200 metros crol. A PIM e a PEM dos atletas melhoraram no GE e no GC, não permitindo concluir que o programa de 14 semanas de TMR em conjunto com a natação tem benefícios na PIM e na PEM dos atletas para além da natação por si só.

Palavras-chave: natação, performance, respiração, treino, músculos respiratórios

Abstract

Effects of respiratory muscle training on swimming performance

Respiratory muscle performance can be described in terms of strength and endurance and can be assessed through maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). Despite different techniques and different protocols that can be used to evaluate the strength and endurance of the respiratory muscles, the measurement of MIP and MEP have been widely adopted, and devices that are also used for respiratory muscle training (RMT) have been used. Fatigue of the respiratory muscles can impair performance in various sports. RMT has been shown to improve MIP in various sports, improved performance in cycling, swimming, running, and rowing, and demonstrated improvements in swimming and underwater fin swimming performances. These results suggest that the RMT increases the maximal inspiratory and expiratory capacity allowing the extension of the time that a swimmer can be submerged, as well as improves the speed of contraction of the respiratory muscles improving the performance of swimmers. The overall objective of this study was to analyze the effects of RMT on the performance of young swimmers in a 14-week program of combined RMT and swimming training. 23 swimmers were recruited for the experimental study for which the sample was randomly divided into two groups, experimental group and control group. The experimental group performed, in addition to swimming training, 14 weeks of RMT. The control group performed only swimming training. Both groups followed the same swimming training program with the same training load. The MIP and MEP were evaluated for both groups before and at the end of the intervention and three performance tests were performed: a 200 meter crol test at the maximum pace, a 400 meters crol test at the maximum pace and an apnea test. The results revealed that RMT combined with swimming had no significant effects on athletes' performance, on PIM and PEM, nor on their apnea capacity. Despite the lack of a significant effect on performance, the program had a large effect size on performance in the 200 meters crol. PIM and PEM improved in both GE and the GC groups, making it inconclusive whether the 14-week respiratory muscle training program, in conjunction with swimming, provides additional benefits to PIM and PEM beyond what swimming alone offers.

Keywords: swimming, performance, breathing, training, respiratory muscles



SEÇÃO I. INTRODUÇÃO

1. Introdução

O desejo de evoluir, ir mais além, quebrar barreiras antes intransponíveis, sempre fez parte da humanidade. O aumento do conhecimento sobre os músculos respiratórios e o desenvolvimento das tecnologias e instrumentos que permitiram o estudo dos mecanismos envolvidos no processo respiratório tem permitido, por um lado, explorar técnicas de avaliação da força e resistência dos músculos respiratórios, por outro, desenvolver e testar técnicas que permitem aumentar a força e a resistência destes músculos. Se é certo que esta evolução do conhecimento e da técnica se deveu, principalmente, ao desenvolvimento na área da saúde, particularmente das doenças obstrutivas crónicas, tem-se verificado uma progressão para fora do contexto de doença, com o objetivo de superar o desempenho dos músculos respiratórios em populações saudáveis, em atletas e, particularmente na prestação em natação.

Para a prestação em natação pura desportiva, a força e a resistência dos músculos respiratórios é essencial. Assim, o treino muscular respiratório pode ser uma parte importante do treino que permite melhorar a performance dos atletas e, simultaneamente, dar resposta ao humano desejo de evolução. A natação, ao implicar a suspensão da respiração dos atletas e ao requer que os atletas se exercitem enquanto estão imersos criando uma pressão hidrostática ao redor do tórax coloca, por si só, desafios aos músculos respiratórios e especificidades ao treino muscular respiratório. À data que realizamos o nosso estudo, o impacto do treino dos músculos respiratórios na performance em natação permanece controverso. Nesse sentido, o nosso trabalho aborda os efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em natação pura desportiva.

A estrutura do trabalho divide-se em 7 seções: I - Introdução, II - Revisão da literatura, III - Objetivos, IV – Metodologia, V – Resultados, VI - Discussão, VII - Conclusões e direções futuras.

Na seção I, a introdução refere a relevância e o objetivo do estudo e a estrutura do trabalho.

Na seção II, a revisão da literatura tem como objetivo sistematizar os estudos existentes que relacionam o desempenho dos músculos respiratórios e o treino muscular respiratório.

Na seção III é identificado o objetivo geral do estudo: “avaliar o efeito de 14 semanas de Treino Muscular Respiratório na performance de jovens nadadores” e os objetivos específicos: perceber se um programa de 14 semanas de treino combinado de TMR e natação melhora a capacidade inspiratória e expiratória máxima de jovens nadadores; avaliar o efeito do treino dos músculos respiratórios na capacidade de apneia; avaliar o efeito do programa de 14 semanas de treino dos músculos respiratórios e natação na performance dos jovens atletas numa prova de 200m e 400m crol. Na seção IV são tratadas as questões metodológicas e descritos de forma pormenorizada amostra, procedimentos experimentais, protocolos de avaliação e a recolha de dados.

Na seção V são apresentados os resultados do estudo de forma sequencial com base nos objetivos colocados. A seção VI integra a discussão apresentada com base na exploração e análise dos resultados tendo por base a revisão da literatura previamente considerada e refere ainda as limitações encontradas.

Por último, a seção VII apresenta as principais conclusões do estudo e sugere direções futuras tendo em conta alguns constrangimentos encontrados.

À data, são poucos os estudos experimentais realizados com uma duração igual ou superior a 12 semanas que combinam treino muscular respiratório e natação e não temos conhecimento de outro estudo experimental do género em Portugal. Sendo um tema de relevo para a comunidade científica, para atletas amadores e profissionais e para treinadores, este trabalho pretende, assim, avançar no conhecimento sobre os efeitos do treino muscular respiratório na prestação em natação pura desportiva.



SEÇÃO II. REVISÃO DE LITERATURA

2. Revisão de literatura

2.1. Os músculos respiratórios

O sistema respiratório é vital para os seres humanos. O oxigénio é transportado para as células pelos glóbulos vermelhos, ao mesmo tempo que o dióxido de carbono é expelido para o meio ambiente. O ar do meio ambiente, rico em oxigénio, é transportado pelas vias aéreas superiores, para os alvéolos dentro dos pulmões, onde ocorrem as trocas gasosas entre o ar alveolar e a circulação pulmonar (Ratnovsky et al., 2008).

Os músculos respiratórios são, morfológica e funcionalmente, músculos esqueléticos (Ratnovsky et al., 2008) isto é, são músculos de contração voluntária, ligados aos ossos por meio de tendões e permitem a manutenção da postura. Estes, podem ser enquadrados como músculos inspiratórios – os que induzem a expansão da caixa torácica e a inspiração e músculos expiratórios – que comprimem a cavidade torácica e induzem a expiração.

Os músculos inspiratórios conduzem o ar para os pulmões e os músculos expiratórios removem o ar dos pulmões. Em repouso apenas os músculos inspiratórios estão ativos, enquanto que em exercício, os músculos expiratórios também ficam ativos (Ratnovsky et al., 2008).

A parede abdominal, onde os músculos respiratórios trabalham de forma coordenada, é composta por dois compartimentos: a cavidade torácica e o abdómen, separadas por uma fina estrutura musculotendinosa: o diafragma (fig.1). A expansão dos pulmões pode ser acompanhada por uma expansão da cavidade torácica, do abdómen, ou dos dois em simultâneo (De Troyer & Boriek, 2011).

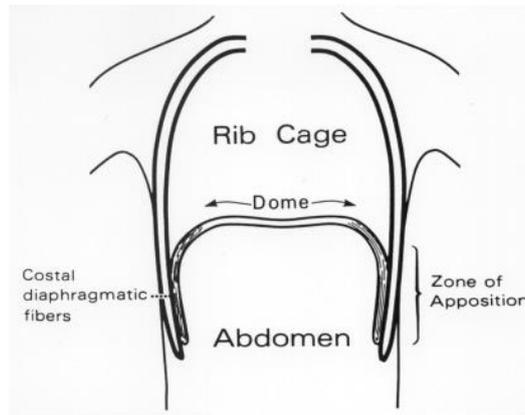


Fig. 1. Parede abdominal (De Troyer & Boriek, 2011)

O interesse em torno do estudo dos músculos respiratórios tem aumentado de forma significativa nas últimas décadas revelando o reconhecimento da importância das propriedades e capacidades destes músculos na saúde e na performance, mas também o desenvolvimento das tecnologias e instrumentos que permitiram a investigação dos mecanismos moleculares e bioquímicos envolvidos no processo respiratório (Sieck et al., 2013). De facto, nas últimas décadas, têm sido desenvolvidos modelos matemáticos e mecânicos que, juntamente com a eletromiografia e técnicas clínicas e fisiológicas, têm estudado os movimentos da cavidade do tórax e a contribuição dos seus componentes para a respiração.

Do ponto de vista funcional é considerada a existência de três grupos de músculos respiratórios: o diafragma, os músculos da caixa torácica e os músculos abdominais (Aliverti, 2016). A figura 2 apresenta uma imagem dos músculos respiratórios.

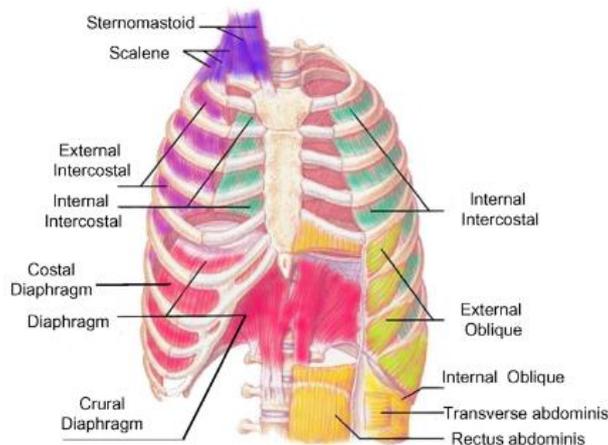


Fig. 2. Músculos respiratórios (Ratnovsky et al., 2008)

2.1.1. O diafragma

O diafragma, o principal músculo inspiratório é uma estrutura fina, plana e musculotendinosa que separa a cavidade torácica da parede abdominal. As fibras musculares do diafragma irradiam de uma estrutura central “tendão central” para se inserirem nas estruturas esqueléticas periféricas das três vertebrae lombares (diafragma vertebral ou crural) e no processo xifoide do esterno e nas superfícies internas das seis costelas inferiores (diafragma costal).

Durante a inspiração, as fibras musculares do diafragma são ativadas contraindo-se. O aumento da tensão durante a contração gera uma força no tendão central que desce para expandir a cavidade torácica. Além disso, as fibras do diafragma costal aplicam uma força nas seis costelas inferiores que elevam e giram para fora (De Troyer & Boriek, 2011).

A contração do diafragma expande o abdómen e a parte inferior da caixa torácica. Curiosamente, e apesar das forças e da tensão muscular que ocorre, a forma muscular do diafragma mantém-se relativamente constante (De Troyer & Boriek, 2011).

O trabalho realizado pelo diafragma é significativamente maior que o realizado pelos músculos intercostais externos, no entanto, à medida que o volume do pulmão aumenta, diminui o trabalho do diafragma e aumenta o trabalho dos músculos intercostais e do esternocleidomastóideo.

2.1.2. Músculos da caixa torácica

2.1.2.1. Músculos intercostais

A ação mecânica de qualquer músculo esquelético é determinada, essencialmente, pela anatomia do músculo e pelas estruturas que ele desloca quando se contrai. Nos músculos intercostais, o efeito primário da sua contração é deslocar as costelas e, assim, alterar a configuração da caixa torácica. Os músculos que elevam as costelas têm um efeito inspiratório na caixa torácica enquanto os músculos que baixam as costelas têm um efeito expiratório na caixa torácica (De Troyer et al., 2005).

Os músculos intercostais externos são compostos por finas camadas de fibras musculares que ligam de forma oblíqua e ventral cada costela, à costela vizinha em baixo, isto é, orientadas para baixo e para a frente, da costela acima à costela abaixo.

Os músculos intercostais internos são finas camadas de fibras musculares que, no sentido inverso aos intercostais externos, ligam de forma oblíqua e dorsal cada costela, à costela vizinha em baixo, isto é, são orientados obliquamente para cima e para a frente.

Na zona ventral, na região paraesternal da caixa torácica, as fibras dos músculos intercostais internos são particularmente espessas e são convencionalmente chamadas de intercostais parasternais (De Troyer et al., 2005).

Os músculos intercostais paraesternais são ativados durante a fase inspiratória, enquanto que os intercostais mais profundos são ativados durante a fase expiratória (Formenti et al., 2020). Como muitos músculos intercostais são inacessíveis e não é possível ativá-los de forma isolada, a discussão em torno da sua função tem sido controversa e têm vindo a ser propostas várias teorias divergentes não sendo ainda clara a sua ação no processo respiratório (De Troyer & Boriek, 2011).

2.1.2.2. Esternocleidomastóideo e escaleno

O Esternocleidomastóideo e escaleno são músculos acessórios da inspiração.

A contração destes músculos eleva o esterno e as duas costelas superiores e expande a caixa torácica.

Aliverti (2016) considerou que, no essencial, os músculos da caixa torácica, incluindo os intercostais, paraesternais, o escaleno e os músculos do pescoço são considerados inspiratórios e expiratórios, enquanto os músculos da parede abdominal são expiratórios.

2.1.3. Músculos da parede abdominal

O reto abdominal é o mais ventral dos músculos da parede abdominal e tem origem no esterno e na 5^a, 6^a e 7^a cartilagem costal e percorre verticalmente o comprimento da parede abdominal até se inserir na púbis (De Troyer & Boriek, 2011).

Ao reto abdominal estão ligados os outros três músculos abdominais: o oblíquo externo, o mais superficial, o oblíquo interno e o transverso, mais profundos.

Na função respiratória, a principal função do oblíquo externo, do oblíquo interno e do transverso abdominal é puxar a parede abdominal para dentro deslocando o diafragma para a cavidade torácica e causando uma diminuição do volume dos pulmões.

O reto abdominal parece atuar de forma similar quando a parede abdominal se para encolhe (De Troyer & Boriek, 2011). Numa situação de repouso na respiração estes músculos não são ativados.

Durante o exercício, o impulso neural para respirar aumenta as necessidades ventilatórias, determinando um aumento da potência desenvolvida pelos músculos, sendo que potência igual a velocidade de encurtamento multiplicada pela pressão (Aliverti, 2016). Durante o exercício, o diafragma funciona como um gerador de fluxo, o que significa que a sua potência é sobretudo expressa em velocidade de encurtamento. Em sentido inverso, os músculos da caixa torácica e abdominais são principalmente geradores de pressão, o que determina uma coordenação importante na respiração (Aliverti, 2016).

2.2. A capacidade dos músculos respiratórios

A capacidade dos músculos respiratórios é determinada pela força de contração, pela duração da contração e pela velocidade de encurtamento durante a contração e a avaliação do desempenho muscular respiratório pode ser descrita em termos de força e resistência (Ratnovsky et al., 2008). A força dos músculos respiratórios pode ser avaliada através de medidas estáticas – pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima – (Neder et al., 1999) e a resistência é expressa como o tempo que um sujeito pode suportar uma determinada carga ou como a carga máxima tolerada num tempo específico (Fiz et al., 1998). Esta avaliação da força e da resistência dos músculos respiratórios pode ser realizada utilizando diferentes técnicas e diferentes protocolos, sendo que a medição da capacidade expiratória máxima e da capacidade inspiratória máxima tem sido amplamente utilizada para medir a força dos músculos inspiratórios e expiratórios por ser realizada de forma não invasiva (Chino et al., 2018) e utilizando aparelhos que também são usados para o treino muscular respiratório. Neste sentido, o desenvolvimento dos

instrumentos de pressão bucal inspiratória e expiratória permitiu a melhoria dos métodos de avaliação da resistência muscular respiratória (Gallagher et al., 1989).

A capacidade inspiratória máxima é medida através da pressão inspiratória máxima e é determinada não só pela função do diafragma, mas também pelos restantes músculos inspiratórios (Chino et al., 2018). As mudanças na função do diafragma e dos músculos de inspiração acessórios não estão totalmente elucidadas, o que tem impedido uma melhor compreensão dos mecanismos por detrás do aumento do PIM com o treino de força inspiratória. Recentemente foram estimadas as relações entre a intensidade relativa de diferentes pressões bucais inspiratórias (15%, 30%, 45%, 60% e 75% da PIM) e o recrutamento do diafragma ou do esternocleidomastóideo e dos intercostais utilizando o ultrassom e o eletromiograma superficial (Chino et al., 2018). Este estudo revelou que o recrutamento do diafragma aumentou com o aumento da pressão bucal inspiratória, mas que quando a pressão inspiratória se aproxima do valor máximo, este recrutamento do diafragma tende a aumentar a uma taxa menor.

A capacidade expiratória máxima é medida através da pressão expiratória máxima e reflete a força dos músculos abdominais e expiratórios.

A medição da pressão inspiratória e da pressão expiratória pode ser realizada de duas formas: a PIM é, normalmente, medida a partir da posição da pressão expiratória máxima, com o ar nos pulmões no seu volume residual (PIMaxVR), mas também pode ser medida no final de uma expiração calma com o volume de ar nos pulmões na sua capacidade residual funcional (PIMaxCRF). A PEM é, normalmente, medida a partir da posição da pressão inspiratória máxima, quando o volume de ar nos pulmões está na sua capacidade pulmonar total (PEMaxCPT), mas também pode ser medida no final de uma expiração calma (PEMaxCRF) (Souza, 2002). Para Almeida et al. (2008) a utilização de apenas um dos métodos leva à perda de informação.

2.3. Volume e capacidade pulmonar

São quatro os volumes definidos por Gold & Koth (2016), que não se sobrepõem:

a) volume corrente (VC) é o volume de ar inalado ou expirado durante cada ciclo respiratório;

b) volume de reserva inspiratório (VRI) é o volume máximo de ar inspirado na inspiração final;

c) volume de reserva expiratório (VRE) é o volume máximo de ar exalado a partir da expiração final;

d) volume residual (VR) é o volume de gás remanescente nos pulmões após uma expiração máxima.

Quanto às capacidades, são definidas quatro capacidades, cada uma contendo dois ou mais volumes primários:

a) capacidade pulmonar total (CPT) é a quantidade de ar contida no pulmão na inspiração máxima;

b) capacidade vital (CV) é o volume máximo de ar que pode ser expelido dos pulmões por um esforço vigoroso após inspiração máxima, independentemente do tempo envolvido;

c) capacidade inspiratória (CI) é o volume máximo de ar que pode ser inspirado a partir do nível expiratório de repouso; e

d) a capacidade residual funcional (CRF) é o volume de ar nos pulmões no final da expiração em repouso.

2.4. Espirometria

Os espirómetros podem medir três de quatro volumes pulmonares: volume de reserva inspiratório (volume máximo de ar que pode ser inspirado após uma inspiração espontânea), volume corrente (volume de ar inspirado ou expirado em cada respiração normal) e volume de reserva expiratório (volume extra de ar que pode ser expirado numa expiração forçada após a expiração espontânea). O volume residual não é medido pelos espirómetros. A espirometria também fornece uma medida da resistência das vias aéreas por meio do teste de volume expiratório forçado. Os testes de espirometria podem ser realizados com um espirómetro simples e economicamente acessível.

Gold & Koth (2016) trabalharam no sentido de unificar termos utilizados nas medições de espirometria e os conceitos de volume e capacidade pulmonar (tabela 1).

Tabela 1. Termos utilizados nas medições de espirometria (Gold & Koth, 2016)

Capacidade Vital (CV)	Volume máximo de ar movimentado nos pulmões
Capacidade Vital Forçada (CVF)	Volume máximo de ar exalado após inspiração máxima
Volume Expiratório Forçado (VEF)	Volume de ar exalado num determinado tempo durante a manobra de CVF
% expirada durante 1 segundo (VEF %)	Volume de ar expirado durante o primeiro segundo da manobra de CVF
Fluxo Expiratório Forçado (FEF 25%-75%)	Fluxo máximo expiratório
Volume Máximo Ventilatório (MVV)	Volume máximo de ar que um indivíduo é capaz de movimentar num minuto

2.5. Apneia

Os desportos que incluem a submersão aquática, entre os quais a natação, implicam a suspensão da respiração dos atletas, isto é, implicam uma apneia voluntária devido à imersão da cara na água. A apneia termina quando a respiração reinicia involuntariamente após a contração dos músculos respiratórios. As características da apneia assemelham-se às condições de hipoxia experimentadas em grandes altitudes. Os mecanismos fisiológicos que levam a respostas diferenciadas à hipoxia entre indivíduos treinados e não treinados ainda estão por esclarecer, sendo que estão identificados três reflexos relacionados: a resposta ao mergulho, a resposta ao choque frio e a resposta cardíaca (Sylvia & Chrysoula, 2017). O aumento da duração da apneia pode ser alcançado retardando as condições fisiológicas que levam ao ponto de quebra e/ou aumentando a tolerância dos indivíduos a tais situações, dado que fatores psicológicos podem determinar a tolerância do indivíduo ao aumento do impulso respiratório (Lin et al.,

1974). Segundo Seifert et al. (2008), a capacidade de apneia e a natação podem contribuir para o desenvolvimento da força dos músculos respiratórios. O seu estudo revelou que o treino da apneia possibilitou aos nadadores suportar melhor a apneia nos 50 metros e um aparecimento da fadiga mais tardio.

A Associação Internacional para o Desenvolvimento da Apneia AIDA- International Association for the Development of Apnea¹ criada em 1992, e a sua filiada portuguesa, a AIDA Portugal², criada em 2002, com sede no Clube Naval de Peniche desenvolvem vários cursos cujo principal objetivo é o desenvolvimento da capacidade de apneia.

2.6. A fadiga dos músculos respiratórios

A níveis moderados de exercício, o equilíbrio entre as necessidades metabólicas, a ventilação e a tensão arterial é mantido e os mecanismos respiratórios são regulados, sendo mínimo o trabalho realizado pelos músculos respiratórios. Com o aumento dos níveis de exercício, em atletas altamente treinados com uma capacidade total pulmonar muito elevada, os músculos inspiratórios da caixa torácica têm de superar esta maior carga e elasticidade pulmonar e encurtam, aumentando assim o consumo de oxigénio pelos músculos respiratórios. Os elevados níveis de trabalho muscular respiratório que têm de ser sustentados durante exercício intenso causam fadiga dos músculos respiratórios, o que pode iniciar o metaborreflexo levando à vasoconstrição dos vasos da musculatura locomotora exacerbando a fadiga, intensificando a perceção de esforço e contribuindo para limitar o desempenho a alta intensidade no exercício de resistência (Dempsey et al., 2002).

A fadiga dos músculos respiratórios pode prejudicar a performance em vários desportos (Szczepan et al., 2020) incluindo na natação. Nadadores treinados também sofrem de fadiga dos músculos respiratórios durante o treino de alta-intensidade. Um estudo com nadadores de competição relatou que a força muscular inspiratória diminuiu em média 29% imediatamente após uma prova de 200 metros crol (Lomax & McConnell, 2003) portanto, a força muscular respiratória e a resistência podem ter influência no desempenho destes nadadores. De facto, a fadiga dos músculos respiratórios desenvolve-se mais

¹ <https://www.aidainternational.org/>

² <https://agc.sg.mai.gov.pt/details?id=636172>

rapidamente e com maior intensidade na natação que em outros desportos no solo, indicando que o ambiente na natação acelera o processo de fadiga e perda de força dos músculos respiratórios (Lomax & McConnell, 2003). A prevenção da fadiga dos músculos respiratórios pode, assim, ser determinante na saúde e performance dos atletas, incluindo nadadores e a capacidade dos músculos respiratórios revela-se como um fator importante na determinação da eficiência do exercício (Szczepan et al., 2020).

2.7. O Treino Muscular Respiratório no exercício

Segundo Aliverti (2016), estudos recentes têm demonstrado que o treino muscular respiratório tem efeito no desempenho do treino de resistência. A aplicação do treino muscular respiratório em atletas parece ser otimizado quando o protocolo do TMR é combinado com as necessidades respiratórias da tarefa de exercício (Shei, 2018).

Foi demonstrado que o TMR melhorou a pressão inspiratória máxima no futebol, andebol, ciclismo, remo e natação (Archiza et al., 2018; Hartz et al., 2018; Kilding et al., 2010; Lemaitre et al., 2013; Romer et al., 2002; Volianitis et al., 2001; Wells et al., 2005). O TMR mostrou ainda melhorar o desempenho no teste de tempo no ciclismo (Romer et al., 2002), natação (Kilding et al., 2010) corrida (Chang et al., 2021; Uemura et al., 2012) e remo (Volianitis et al., 2001).

Relativamente à perceção ao exercício incremental máximo, o resultado de um estudo com ciclistas relata que o treino muscular inspiratório atenua a resposta percetiva ao exercício incremental máximo, melhorando a performance de ciclistas competitivos. Apesar destas descobertas, a tradução de adaptações fisiológicas em melhorias competitivas significativas nem sempre é observada. Fatores como população do estudo, tamanho da amostra, protocolo de treino (intensidade, duração, frequência, intervalos de descanso...), quando foi realizado o treino (antes do exercício, após ou em separado), tipo de treino (no limiar aeróbio, de resistência...) entre outros, podem ter influência nos resultados (Shei et al., 2022). São necessários mais estudos para esclarecer os mecanismos pelos quais as mudanças na função muscular inspiratória alteram o desempenho da resistência (Romer et al., 2002). Será também importante investigar o treino muscular respiratório enquanto ferramenta de treino e considerar periodização,

variação das sessões de treino individual, otimização da carga entre outros por forma a superar deficiências e favorecer uma abordagem personalizada (Shei et al., 2022).

2.8. O Treino Muscular Respiratório na natação

A natação requer que os atletas se exercitem enquanto estão imersos, o que cria uma pressão hidrostática ao redor do tórax (Shei, 2018). Isto cria uma carga adicional que tem de ser superada pelos músculos respiratórios. Estudos anteriores demonstraram que os nadadores têm uma capacidade pulmonar e de espirometria superior ao normal (Lomax & McConnell, 2003; Mickleborough et al., 2008) e que a natação regular pode imitar o treino muscular respiratório (Lomax & McConnell, 2003; Mickleborough et al., 2008; Shei, 2018). A natação requer ainda que os atletas minimizem o tempo de respiração para nadar mais rápido, o que favorece uma maior velocidade de contração dos músculos respiratórios (Lomax & McConnell, 2003).

Os nadadores experientes tendem a adaptar o seu padrão respiratório realizando uma rápida inspiração para perto da capacidade pulmonar total, mantendo este volume até realizar uma expiração rápida. Este padrão permite uma rápida expiração quando o rosto está imerso e uma rápida inspiração quando a boca e o nariz estão fora de água. Também a capacidade de sustar o ar inspirado perto da capacidade pulmonar total aumenta a capacidade de flutuação do tronco, o que pode favorecer o desempenho na natação.

Este padrão respiratório único, com a pressão hidrostática da imersão, pode mimetizar os efeitos do treino muscular respiratório e portanto, em nadadores experientes, poderá ser necessária uma carga de treino superior para alcançar o efeito ergogénico do TMR (Lomax & McConnell, 2003; Mickleborough et al., 2008; Shei et al., 2016).

Num estudo, Wells et al. (2005) foi realizado um programa de 12 semanas de treino muscular respiratório combinado com treino de natação com atletas jovens de competição. O treino muscular respiratório realizou-se diariamente com sessões de 10 repetições entre 50% e 80% da PIM. Os resultados deste estudo demonstraram melhorias na capacidade inspiratória e expiratória e na capacidade pulmonar dos atletas, mas não demonstrou melhorias na performance na natação.

Já Kilding et al. (2010) realizaram um programa de 6 semanas de treino muscular inspiratório (TMI) (30 repetições por sessão) combinado com treino de natação, com atletas de nível competitivo e observaram um efeito positivo na performance nos 100m e 200m. Também no estudo de Lemaitre et al. (2013) um programa de 8 semanas de treino muscular respiratório (30 minutos/5 dias por semana) combinado com treino de natação em atletas jovens bem treinados melhorou a capacidade dos músculos respiratórios e a performance na natação. Shei et al. (2016) realizaram um programa de treino muscular respiratório de 12 semanas com treino de natação com nadadores de sub-elite. O treino muscular respiratório realizou-se 3 dias por semana a 80% da PIM até ao limite individual, isto é, até os atletas não conseguirem e teve um efeito positivo na capacidade dos músculos respiratórios dos atletas. Já nadadores de elite que realizavam um volume maior de treino de natação, quando observadas as variáveis respiratórias, nomeadamente a capacidade inspiratória máxima e a capacidade expiratória máxima, não beneficiaram do TMR (Mickleborough et al., 2008). O estudo de Vašíčková et al. (2017) realizou um programa de 4 semanas de treino muscular respiratório combinado com natação com atletas jovens de natação com barbatanas. O treino muscular respiratório foi realizado diariamente: 10 repetições com um aumento semanal de 30% a 60% da PIM e teve um efeito positivo na capacidade dos músculos respiratórios e na performance na natação subaquática. Noutro estudo (Okrzymowska et al., 2019) foi realizado um programa de 8 semanas de treino muscular respiratório combinado com natação com atletas nadadores com deficiência. O treino muscular respiratório realizou-se 5 vezes por semana, 2 vezes por dia e começou com 30% da PIM tendo atingido os 60% da PIM na última semana e teve um efeito positivo ao nível da capacidade dos músculos respiratórios. Apesar de incidir sobre as funções pulmonares, também o estudo de Muthusamy et al. (2022) obteve efeitos positivos ao realizar um programa de 4 semanas de treino muscular respiratório combinado com treino de natação individualizado. Este estudo recente com nadadores colegiais (recreativos) demonstrou que o TMR combinado com o treino de natação individualizado tem benefícios superiores ao TMR ou ao treino de natação isolados (Muthusamy et al., 2022). Também em mergulhadores recreativos, segundo a revisão de Hess & Hostler (2018), o TMR melhorou o desempenho da natação superficial e subaquática. Já em 2023, Tan et al. (2023) observaram melhorias na capacidade inspiratória máxima e nos testes de 50m e 100m de natação livre ao integrarem o treino muscular respiratório no treino de natação. O programa de 6 semanas envolveu 43

Ana Lourido – Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em natação pura desportiva estudantes e realizou o TMR supervisionado durante 15 a 20 minutos, 3 vezes por semana, antes do treino de natação.

Os resultados destes estudos sugerem que o treino muscular respiratório permite aumentar extensão do tempo que um nadador pode ficar debaixo de água sem respirar. Da mesma forma, foi revelado um efeito dependente da dose do treino de natação na adaptação do músculo respiratório em nadadores jovens bem treinados, e que apenas nadadores que completavam menos de 31 km semanais de treino de natação beneficiaram do TMR (Lomax et al., 2019). Estes estudos sugerem que, para que nadadores experientes beneficiem do TMR, será necessária uma maior carga, um maior número de repetições e/ou período mais prolongado de treino para sobrecarregar suficientemente os músculos respiratórios, a fim de induzir uma adaptação de treino.

O estímulo da intervenção terá de ser suficiente para obter uma adaptação de treino nos participantes do estudo. Este fator crucial, a carga total de treino, em particular a carga colocada nos músculos respiratórios e a duração do protocolo estabelecido tem sido um fator evasivo, mas importante para determinar a influência do treino dos músculos respiratórios na melhoria da função muscular respiratória e na performance.

O impacto do treino dos músculos respiratórios na performance na natação permanece controverso. Duração do programa e intensidade do treino são fatores com impacto em discussão, assim como treino muscular respiratório com ou sem treino de natação e nível de condicionamento da população em estudo.

Treino muscular inspiratório, treino muscular respiratório, protocolos e instrumentos são conceitos que nem sempre estão claros nos estudos existentes, sendo de referir a utilização de diferentes conceitos e resultados medidos (fadiga, resistência, força, desempenho dos músculos respiratórios). Em relação aos instrumentos de avaliação e ao equipamento de treino também há disparidades nos estudos, e alguma confusão ou inexistência de definição em alguns estudos.

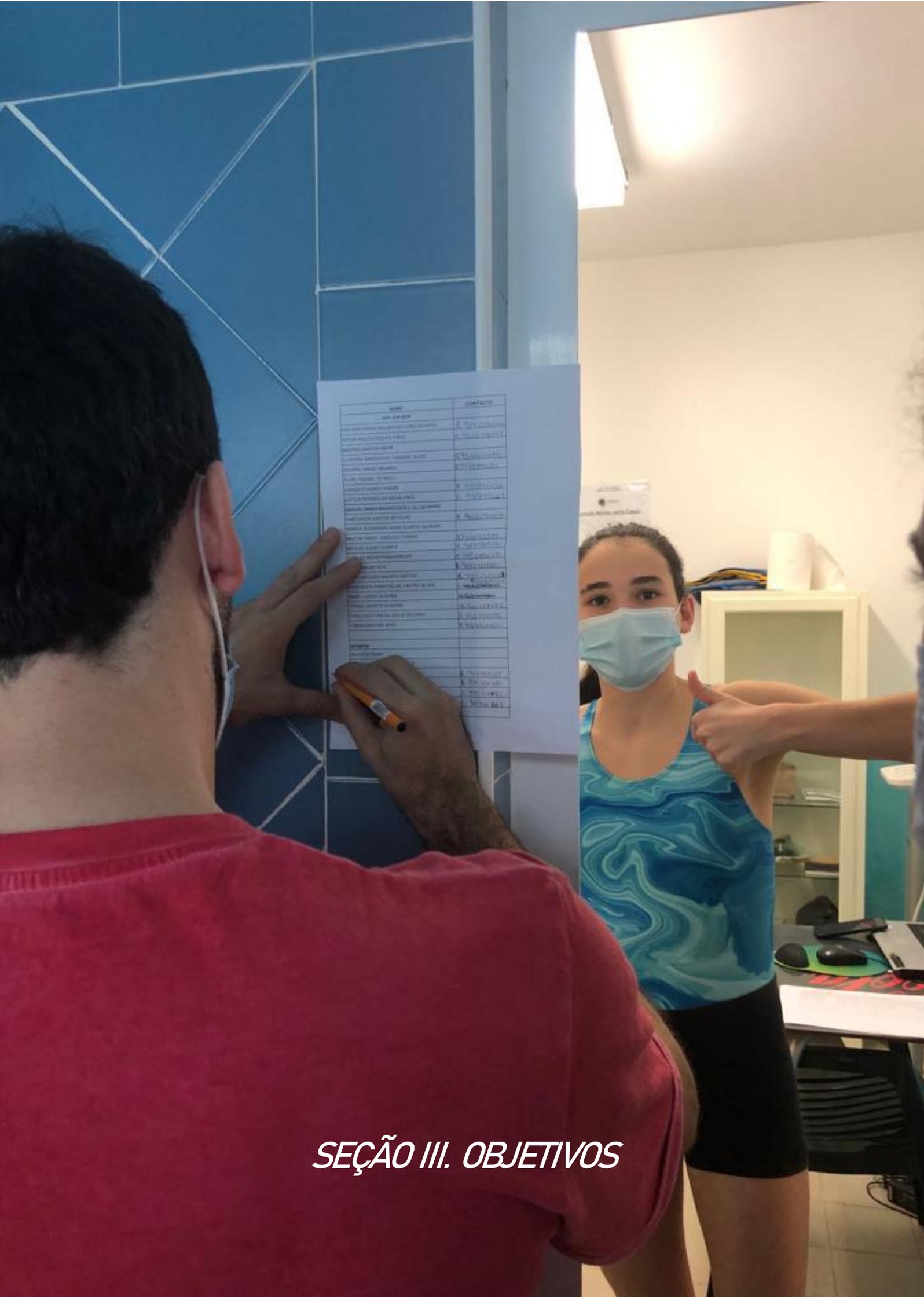
De seguida, apresentamos uma tabela com os estudos realizados que incluíram treino muscular respiratório e natação e que avaliaram a capacidade inspiratória e expiratória máximas e a performance em natação (tabela 2).

Tabela 2. Estudos realizados

Estudo	Amostra	Atletas	Idades	Método	Duração	Sessões TMR	Equipamento	Medições	Instrumentos de avaliação	Resultados
Wells et al 2005	34	atletas de nível competitivo	14-16 anos	TMR e natação	12 semanas	diariamente, 10 repetições entre 50% e 80% PIM	PowerLung, PowerLung Inc., Houston, TX, USA	PIM e PEM	Espirómetro Validyne Pressure Transducer	com efeitos PIM e PEM
								Teste incremental 7x200m		Sem efeitos
Mickleborough 2008	30	nadadores de elite	16-19 anos	TMI e natação	12 semanas	3 dias por semana G Experimental a 80% PIM até falha. G Placebo 30% PIM	treinador rT2 ligado por infra vermelhos a um computador	PIM PEM	Espirómetro (Superspiro; Micro Medical; Rochester, Kent, UK)	Sem efeitos
								PIM	Espirómetro Microlab, MicroMedical, Kent, UK	com efeitos PIM
Kilding et al 2010	16	atletas de clube	15-21 anos	TMI e natação	6 semanas	2 x 30 repetições por dia a 50% PIM	POWERbreathe (HaB International Ltd., UK)	Teste incremental 7x 200m		sem efeitos nos 7x200m
								Teste 100m, 200 e 400m		com efeitos nos 100 e 200m mas não nos 400m
Leimatre et al 2013	20	atletas bem treinados	13-18 anos	TMR e natação	8 semanas	5 dias por semana, 30 min dia com saco entre 40% a 50% da capacidade vital	SpiroTiger, Idiag®, Fehrltorf, Switzerland	PIM e PEM	Microquark spirometer (Cosmed®, Rome, Italy)	com efeitos PIM e PEM
								Teste 50m e 200m		com efeitos
Shei 2016	24	nadadores sub elite	17-22 anos	TMI e natação	12 semanas	3 dias por semana. 80% PIM até falha	treinador rT2 ligado por infra vermelhos a um computador	PIM	Espirómetro Superspiro; Micro Medical; rochester, Kent, UK	com efeitos PIM

Tabela 2. Estudos realizados

Estudo	Amostra	Atletas	Idades	Método	Duração	Sessões TMR	Equipamento	Medições	Instrumentos de avaliação	Resultados
Vašíčková 2017	20	jovens nadadores com barbatanas	10-14 anos	TMR e natação	4 semanas	10 repetições por dia com aumento semanal 30% a 60% PIM	treinador inspiratório e treinador expiratório Philips Respironics	PIM e PEM	Espirómetro Zan 100	Com efeitos PIM e PEM
Lomax 2019	33	nadadores em 2 grupos consoante distância semanal de treino < 31kms e <41kms semana	13-19 anos	TMI e natação	6 semanas	30 repetições, 7 dias por semana, 2 vezes por dia a 50% PIM	POWERbreathe International Ltd, UK	PIM e PEM	Espirómetro RPM, Micro Medical	com efeitos PIM mas não PEM
								100m máx		Efeitos apenas no grupo >31kms semana
								200m máx		Efeitos apenas no grupo >31kms semana
Okrzynowska 2019	16	nadadores portadores de deficiência	13-22 anos	TMI e natação	8 semanas	30 repetições, 5 dias por semana, 2 vezes por dia entre 30% a 60% PIM	Espirómetro Philips Respironics	PIM e PEM	Espirómetro FlowScreen	com efeitos PIM
Ando 2020	19	atletas de colégio	19 anos	TMI e natação	6 semanas	30 repetições, 6 dias por semana, 2 vezes por dia a 50% da PIM	POWERbreathe Plus Respiratory 124 Trainer, HaB International Ltd	PIM	Espirómetro (AAM377; Minato Medical Science)	com efeitos PIM
Muthusamy et al 2022	43	atletas de colégio	18-25 anos	TMR e natação	4 semanas	5 dias por semana com progressão individualizada	Power breathe® device	Funções pulmonares	UBREATH® Pro Spirometer System PF680	com efeitos
								PIM	espirómetro (não define)	com efeitos PIM
Tan et al 2023	43	atletas de colégio	18-23 anos	TMI e natação	6 semanas	3x30 repetições 15 a 20 minutos 3 vezes por semana (pre treino natação)	Power Breather Plus device	Teste 50m		com efeitos
								Teste 100 m		com efeitos



SEÇÃO III. OBJETIVOS

3. Objetivos

a. Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo geral avaliar o efeito de 14 semanas de Treino Muscular Respiratório na performance de jovens nadadores.

b. Objetivos Específicos

- i. Perceber se um programa de 14 semanas de treino combinado de TMR e natação melhora a capacidade inspiratória e expiratória máxima de jovens nadadores;
- ii. Avaliar o efeito do treino dos músculos respiratórios na capacidade de apneia;
- iii. Avaliar o efeito do programa de 14 semanas de treino dos músculos respiratórios e natação na performance dos jovens atletas numa prova de 200 metros e 400 metros crol.



SEÇÃO IV METODOLOGIA

4. Metodologia

4.1. Amostra

A amostra foi constituída por 23 nadadores jovens, saudáveis, entre os 12 e os 18 anos do Clube Naval Setubalense. Foram incluídos atletas que aceitaram participar no estudo e cujos encarregados de educação autorizaram a sua participação – critérios de inclusão.

Foram excluídos atletas com problemas respiratórios, nadadores que não treinassem no mínimo 4 vezes por semana - critérios de exclusão.

Os indivíduos foram distribuídos pelo Grupo Experimental (GE) e pelo Grupo de Controle (GC) aleatoriamente, primeiramente entre os 16 atletas do escalão dos mais velhos do Clube Naval Setubalense. Tendo o GE ficado preenchido com 10 atletas (para os 10 aparelhos para o treino dos músculos respiratórios), os restantes atletas foram incluídos no GC. Dos 23 atletas recrutados no início do estudo, completaram o programa e realizaram os testes 19 atletas.

Os atletas apresentaram idades entre os 12 e os 18 anos, $14,21 \text{ anos} \pm 1,62$, uma altura média de $1,66 \pm 0,08$ metros, uma envergadura de $1,70 \pm 0,09$ metros, tendo de peso $54,51 \pm 8,34$ kg e um IMC de $19,59 \pm 1,77$.

A tabela 3 mostra a divisão da amostra por género. O GE incluiu 5 rapazes e 4 raparigas, mas o GC acabou por incluir apenas 2 rapazes e 8 raparigas.

Tabela 3. Amostra por grupo e género

	Grupo Experimental	Grupo Controlo	Total
Rapazes	5	2	7
Raparigas	4	8	12
Total	9	10	19

4.2. Procedimento experimental

No nosso estudo optámos por utilizar o dispositivo de treino muscular Powerbreath dado os resultados positivos conhecidos (Ando et al., 2020; Kilding et al., 2010; Lomax et al., 2019; Muthusamy et al., 2022; Tan et al., 2023).

Realizámos um estudo experimental no qual dividimos aleatoriamente a amostra em dois grupos: grupo experimental e grupo de controlo. O grupo experimental realizou 14 semanas de treino de natação combinado com treino dos músculos respiratórios e o grupo de controlo realizou apenas o treino de natação. Ambos os grupos seguiram o mesmo programa de treino de natação. Ambos os grupos foram avaliados antes e no final da intervenção. As medições da composição corporal e todos os testes foram realizados no Clube Naval Setubalense numa piscina de 25 metros e numa sala contígua à piscina. Todas as avaliações e testes foram realizados antes do treino. O estudo teve lugar entre o dia 3 de janeiro e o dia 11 de abril de 2022. Foi realizada uma sessão de esclarecimento no dia da primeira avaliação onde foram explicados e testados os procedimentos de treino e de avaliação e foi criado um grupo de contacto via whatsapp com os atletas e com os treinadores para esclarecimento de dúvidas e outras questões. A figura 3 mostra-nos o desenho do estudo.

4.3. Desenho do estudo

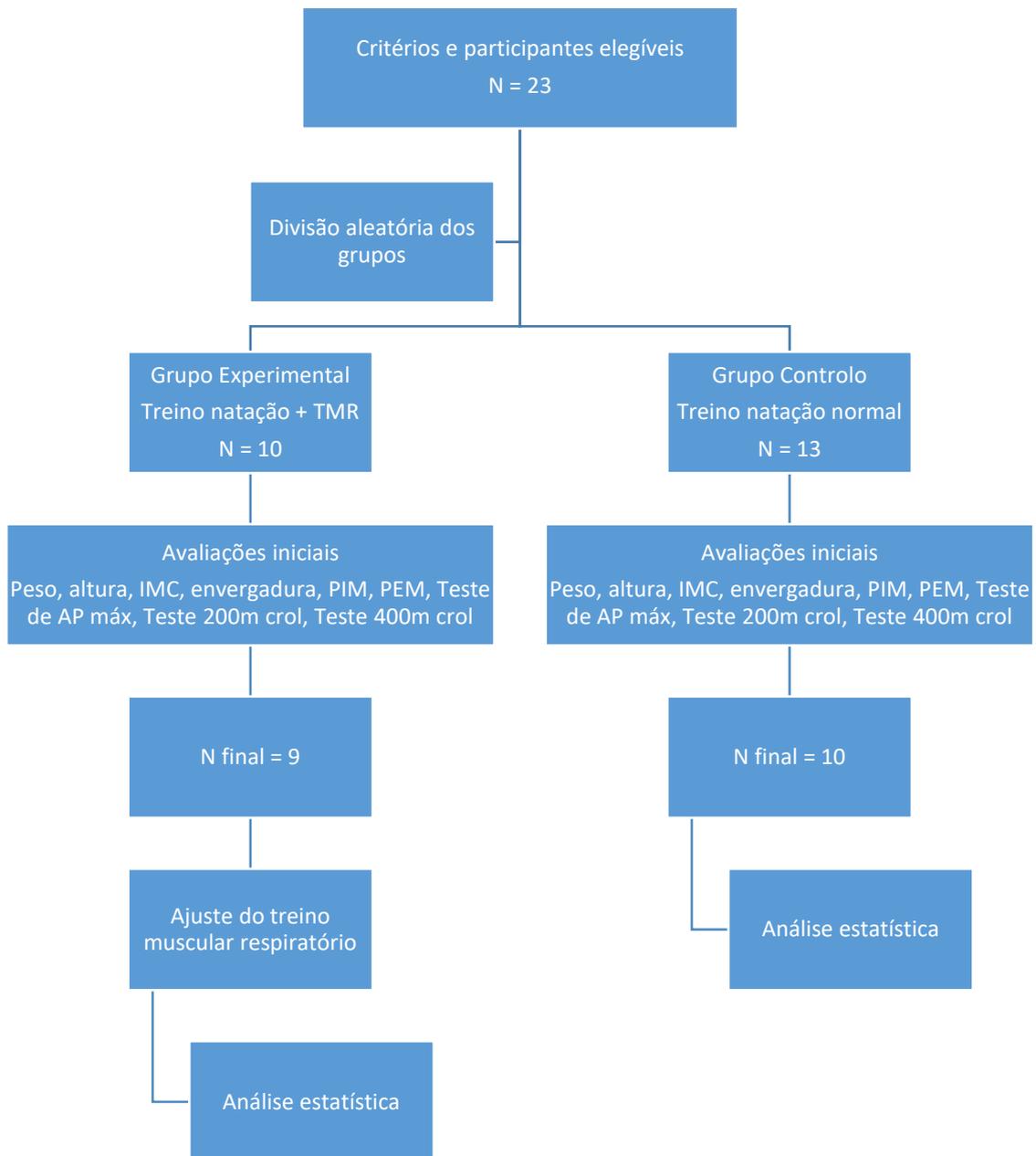


Fig. 3. Desenho do estudo

4.4. Protocolos de avaliação

4.4.1 Avaliação de parâmetros antropométricos e avaliação corporal

As avaliações foram realizadas na mesma manhã, com os atletas descalços e em fato de banho antes do treino.

Por ser um método portátil e de fácil utilização e por servir os objetivos de avaliação corporal do estudo, foi utilizada uma balança “Tanita” para medir a altura, a massa corporal, o IMC, a percentagem de massa magra e a percentagem de massa gorda (fig. 5). O procedimento foi avaliado por dois investigadores e os valores registados no computador.

Para medir a altura foi utilizado um estadiómetro. Os atletas colocaram-se de pé, descalços, de costas para a haste vertical do estadiómetro encostando a nuca, as costas e os calcanhares à haste (fig. 4). Os valores foram registados por 2 investigadores.



Fig. 4. Medição altura



Fig. 5. Medição IMC

Foi ainda medida a envergadura com uma fita métrica. Os atletas colocaram-se de pé, encostados a uma parede lisa, com os braços estendidos formando um ângulo de 90° com o corpo. As medições foram realizadas por 2 investigadores.

4.4.2. Pressão Inspiratória Máxima

De acordo com as recomendações da Sociedade Torácica Americana³ e os procedimentos adotados por outros autores (Muthusamy et al., 2022; Vašíčková et al., 2017) foi usado o dispositivo POWERbreathe Plus Respiratory Trainer para medir a pressão inspiratória máxima dos atletas. Primeiramente, os atletas foram instruídos sobre o procedimento e testaram o dispositivo de treino dos músculos respiratórios. De seguida, sentados numa cadeira, seguraram o espirómetro na mão esquerda e tapou-se o seu nariz com um clip nasal. Respiraram normalmente e, logo após, inalaram o mais forte e rapidamente possível e sustentaram a inspiração por pelo menos 1 segundo (Miller, 2005). Foram realizadas 3 medições máximas com um intervalo de 1 minuto e foi considerado o valor mais elevado (fig. 7).



Fig. 6. Teste PEM



Fig. 7. Teste PIM



Fig. 8. Teste PEM

4.4.3. Pressão Expiratória Máxima

De acordo com a bibliografia referida para a avaliação da PIM, e após a instrução sobre o procedimento e a experimentação do dispositivo, realizou-se a medição da pressão expiratória máxima. Os atletas inalaram o ar e, logo após, expiraram fortemente o ar ajudados pelo incentivo vigoroso do investigador. Realizaram-se 3 medições com um

³ <https://www.thoracic.org/>

Ana Lourido – Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em natação pura desportiva
reposo de 1 minuto entre os ensaios para evitar fadiga muscular inspiratória e foi considerado o valor mais elevado (fig. 6 e fig. 8).

4.4.4. Teste de Apneia

Para realizar o Teste de Apneia em metros e segundos, foi medida a distância máxima na realização de um percurso subaquático e o tempo que os nadadores conseguiram nadar com uma inspiração máxima. Estes testes de apneia foram realizados de acordo com as seguintes indicações de procedimento (Schagatay, 2010): Os nadadores começaram o teste dentro da piscina, sem salto, e foi-lhes dado 1 minuto de preparação antes de começarem. Os nadadores foram instruídos do objetivo do teste de percorrerem a máxima distância subaquática aguentando o maior espaço de tempo em apneia após uma inspiração máxima. (fig. 9). A piscina de 25 metros foi marcada com uma fita métrica e com cones a cada metro. Foi determinado o tempo e a distância no momento em que a cabeça do nadador rompeu a superfície da água. Os dados foram registados por dois investigadores (fig. 10).



Fig. 9. Teste de apneia em metros e segundos



Fig. 10. Registo dos dados

4.4.5. Teste de 200 metros e 400 metros crol

Foi realizado um teste de 200 metros de crol e outro de 400 metros crol em que os nadadores percorreram essa distância ao seu ritmo máximo e no menor tempo possível.

Os atletas foram instruídos do procedimento e foram realizando os testes em grupos de seis atletas de acordo com as pistas existentes na piscina. Os testes foram realizados de forma sequencial em ambos os grupos: primeiramente o teste de 200 metros e de seguida o teste de 400 metros. Foi dado um período de descanso superior a 15 minutos entre os testes. O tempo nos testes foi avaliado e registado por um investigador e pelo treinador (fig. 11). Na avaliação inicial e na avaliação final as medições foram realizadas pelo mesmo treinador.



Fig. 11. Teste 200 metros crol

4.5. Treino dos Músculos Respiratórios

No nosso estudo foi usado o dispositivo de treino muscular respiratório (POWERbreathe Plus Respiratory Trainer) para realizar o treino de força inspiratória. Depois da avaliação da PIM de cada atleta conforme o procedimento descrito no ponto 3.7.2., ajustou-se a resistência do dispositivo de forma personalizada para 50% do valor da PIM de cada atleta do grupo experimental. Os atletas do grupo experimental ficaram com o dispositivo POWERbreathe ajustado para 50% do valor da sua PIM para realizarem o treino muscular respiratório em casa. O treino foi realizado com o seguinte protocolo:

- Uma sessão com a realização de 30 inspirações máximas com uma resistência de carga de 50% do valor PIM de cada indivíduo, uma vez por dia, seis dias por semana. Às sete semanas do programa, o treino muscular respiratório foi ajustado para duas sessões de 30 inspirações máximas e ajustado o nível do treinador dos músculos respiratórios para 60% da PIM de cada atleta.

O controle do treino foi realizado via whatsapp semanalmente com os atletas e com os treinadores tendo sido solicitados vídeos da realização do TMR aos atletas. Foi ainda solicitado aos treinadores a realização de um questionário final com três perguntas para aferir do cumprimento do TMR (realização geral do treino, realização do treino no último mês, razões para a não realização do treino).

4.6. Treino de natação

Os atletas do grupo experimental e do grupo de controlo realizaram o mesmo treino de natação. O treino de natação dos dois grupos decorreu em conjunto com a mesma carga de treino, cinco vezes por semana, 90 minutos por sessão, na piscina de 25 metros do Clube Naval Setubalense.

4.7. Recolha de dados

A recolha de dados foi realizada na sessão de avaliação inicial no dia 3 de janeiro e na sessão de avaliação final dia 11 de abril de 2022. Todos os instrumentos de avaliação foram transportados pelos investigadores para as sessões de avaliação.

4.8. Confidencialidade dos registos

A confidencialidade dos dados dos participantes foi assegurada protegendo a privacidade de cada indivíduo. O armazenamento de todos os dados, durante a realização do estudo e após a sua conclusão, cumpriu as normas de segurança relativas à proteção e confidencialidade de dados, não permitindo o acesso de terceiros. Todos os procedimentos foram aprovados pelo comité de ética da Universidade de Évora (GD/22126). Prosseguiu-se com o estudo após as participantes assinarem o consentimento informado.

4.9. Análise estatística

Para as análises estatísticas utilizou-se o software estatístico IBM SPSS - Statistical Package for Social Sciences, version 25.

Os dados foram alvo de uma análise estatística descritiva e inferencial. Na estatística descritiva foram utilizadas as médias, desvios padrão e intervalos de confiança com 95%.

Uma vez que a amostra é menor que 50 (N=19), a normalidade dos dados foi testada usando o teste de Shapiro-Wilk e observámos que os dados apresentaram uma distribuição normal pois o p-value não foi significativo (inferior a 0,05). A homogeneidade de variâncias foi testada através do teste de Levene e observámos que os dados apresentaram uma homogeneidade de variâncias (p-value superior a 0,05). Desta forma, foram aplicados testes paramétricos para todas as variáveis.

As diferenças entre grupos foram testadas na avaliação inicial (baseline) através da análise de variância (ANOVA) de uma via. Os efeitos do programa de treino entre grupos foram estudados através da análise de variância (ANOVA) para multivariáveis. Cada variável foi ajustada para comparar a alteração em relação ao estado inicial no GE versus GC através das seguintes fórmulas $\Delta GE = (\text{pós treino} - \text{pré treino} / \text{pré treino}) * 100$ e $\Delta GC = (\text{pós treino} - \text{pré treino} / \text{pré treino}) * 100$. Foi ainda analisado o tamanho do efeito *effect size* (eta square), sendo a dimensão dos efeitos classificada da seguinte forma: < 0,01 efeito pequeno; < 0,06 efeito médio e > 0,14 efeito grande (Cohen, 1988). Foi avaliado o efeito da intervenção ($\Delta GE - \Delta GC$). Para todos os testes o nível de significância estatística foi definido em $p \leq 0,05$.



SECÇÃO V. RESULTADOS

5. Resultados

Como descrito na tabela 4, o GE e o GC apresentaram diferenças significativas na idade ($p=0,040$), na percentagem de massa gorda ($p=0,039$) e na percentagem de massa magra ($p=0,045$).

Tabela 4. Análise descritiva da amostra na baseline por grupo através da média e Desvio Padrão (DP)

	Grupo Experimental		Grupo de Controlo		p
	Média	±DP	Média	±DP	
Idade (anos)	15	±1.60	13.5	±1.35	0.040
Altura (m)	1.7	±0.07	1.6	±0.07	0.088
Envergadura (m)	1.7	±0.09	1.7	±0.09	0.114
Massa corporal (Kg)	57.2	±9.04	52	±7.27	0.190
IMC	19.8	±1.93	19.4	±1.69	0.609
%MG	18	±3.82	22.1	±4.25	0.039
%MM	44.6	±7.64	38.4	±4.71	0.045
Ângulo Fase	6.1	±0.52	5.5	±0.76	0.071

DP = Desvio Padrão; m = metros; IMC = Índice de Massa Corporal; %MG= percentagem de massa gorda; %MM= percentagem de massa magra.

* Diferença significativa entre grupos $P < 0.05$.

De facto, a média de idades no GE foi de 15 anos, enquanto no GC foi de 13,5 anos e quanto à percentagem de massa gorda, o GE apresentou uma média de 18% enquanto o GC apresentou uma média de 22,1%. Quanto à massa magra, o GE apresentou uma média de 44,6% e o GC uma média de 38,4%.

As variáveis antropométricas não sofreram um efeito significativo da intervenção ($p \leq 0,05$), conforme descrito na tabela 5.

Tabela 5. Efeitos da intervenção nas variáveis antropométricas

	Pré treino		Pós treino		p	Effect Size	Efeito Intervenção
	Média ±DP		Média ±DP				
	GE	GC	GE	GC			
Altura (m)	1.69	1.64	1.70	1.64	0.442	0.035	23.668
	±0.0	±0.0	±2.4	±2.1			(-39.7 a 87.1)
Envergadura (m)	1.74	1.67	1.73	1.67	0.296	0.064	-63.841
	±0.0	±0.0	±3.4	±2.8			(-188.8 a 61.1)
Massa Corporal (Kg)	57.20	52.09	58.92	52.55	0.088	0.162	2.003
	±3.0	±2.3	±3.0	±2.1			(-0.3 a 4.3)
IMC (kg/m²)	19.82	19.39	20.41	19.63	0.129	0.130	1.714
	±0.6	±0.5	±0.6	±0.5			(-0.6 a 4.0)
MG (%)	17.98	22.14	19.06	22.10	0.199	0.095	7.588
	±1.3	±1.3	±1.1	±1.2			(-4.4 a 19.6)
MM (%)	44.57	38.35	45.37	38.76	0.617	0.015	0.690
	±2.5	±1.5	±2.6	±1.5			(-2.2 a 3.5)
Ângulo Fase	6.10	5.52	6.24	5.71	0.580	0.018	-1.554
	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2			(-7.4 a 4.3)

m = metros; Kg = quilogramas; kg/m² = quilogramas/metro quadrado; MG (%) = percentagem massa gorda. MM (%) = percentagem massa magra; Effect size (eta square) = tamanho do efeito; Efeito da intervenção = $\Delta GE = (\text{pós-pré/pré}) \cdot 100$. Diferença significativa entre grupos $p < 0.05$.

Apesar de o efeito na massa corporal não ser significativo ($p=0,088$), se considerarmos um tamanho do efeito, ou *effect size* grande $>0,14$, o *effect size* foi de 0,162, sendo que o GE aumentou de 57,20kgs ± 3.0 kgs para 58,92kgs ± 3.0 kgs e o GC de 52,09kgs ± 2.3 kgs para 52,55kgs ± 2.1 kgs.

Houve ainda mais duas variáveis com um *effect size* com um efeito grande ($> 0,14$): o teste dos 200 metros crol $p=0,098$ e eta square = 0,153; e a PEM $p=0,086$ e eta square = 0,163 conforme exploraremos nas tabelas seguintes.

5.1. Efeito do programa de Treino Muscular Respiratório na performance de jovens nadadores

Os resultados do estudo revelaram que as 14 semanas de TMR não mostraram diferenças significativas entre grupos no teste dos 400 metros crol ($p=0,307$) nem nos 200 metros crol ($p=0,098$) conforme descrito na tabela 6.

Tabela 6. Resultados no teste de 200 e 400 metros crol, e efeitos da intervenção

	Pré treino		Pós treino		p	Effect Size	Efeito Intervenção
	Média \pm DP		Média \pm DP				
	GE	GC	GE	GC			
Teste 200 (m/seg)	151.57 ± 2.7	154.46 ± 8.2	152.22 ± 3.6	168.00 ± 4.8	0.098	0.153	-10.62 (-23.4 a 2.2)
Teste 400 (m/seg)	307.36 ± 7.0	340.34 ± 8.2	310.89 ± 5.8	340.30 ± 9.1	0.307	0.061	1.299 (-1.3 a 4.0)

m/seg = metros/segundos; Effect size (eta square) = tamanho do efeito; Efeito da intervenção = $\Delta GE = (\text{pós-pré/pré}) \cdot 100$. Diferença significativa entre grupos $P < 0.05$.

Apesar do teste dos 200 metros crol não ter mostrado diferenças significativas entre grupos, se considerarmos um *effect size* grande $>0,14$, o teste de 200 metros teve um *effect size* de 0,153 e um efeito da intervenção de -10,62. De facto, no pré treino, o GE percorreu os 200 metros do teste em 151,57 segundos ± 2.7 segundos e no pós treino percorreu os mesmos 200 metros em 152,22 segundos ± 3.6 segundos, isto é, manteve o tempo que demorou a percorrer os 200 metros em crol. Já o GC percorreu os 200 metros do teste em 154,45 segundos ± 8.2 segundos no pré treino e no pós treino em 168,00 segundos ± 4.8 segundos, aumentando, assim o tempo que demorou a percorrer os 200 metros em crol.

5.2. Efeito do programa de Treino Muscular Respiratório na capacidade inspiratória e expiratória máxima de jovens nadadores

Os resultados do estudo mostraram que quer o GE quer o GC melhoraram a PIM e a PEM, demonstrando que o treino muscular respiratório juntamente com a natação não teve efeitos significativos na PEM (0,086) nem na PIM (0,421) dos atletas, mais que o treino de natação por si só conforme demonstra a tabela 7.

Tabela 7. Resultados PIM e PEM, e efeitos da intervenção

	Pré treino		Pós treino		p	Effect Size	Efeito Intervenção
	GE	GC	GE	GC			
PEM	110.22	92.6	111.33	102.6	0.086	0.163	-9.373
(cmH²O)	±10.3	±6.0	±10.5	±6.0			(-20.2 a 1.5)
PIM	108.89	93.0	124.44	102.4	0.421	0.039	8.530 (-13.3
(cmH²O)	±10.6	±8.1	±9.6	±8.4			a 30.3)

(cmH²O) = centímetros de água; Effect size (eta square) = tamanho do efeito; Efeito da intervenção = Δ GE = (pós-pré/pré)*100. Diferença significativa entre grupos P < 0.05.

O GE apresentava uma PEM de 110,22 ±10.3 22cmH²O no pré treino e, após o treino muscular respiratório, apresentou uma PEM de 111,33 ±10.5cmH²O, já o GC apresentava uma PEM de 92,60 ±6.0cmH²O no pré treino e, após o treino de natação normal, apresentou uma PEM de 102,60 ±6.0cmH²O.

Quanto à Pressão Inspiratória Máxima, o GE apresentava uma PIM inicial de 108,89 ±10.6cmH²O e no pós treino apresentou uma PIM de 124,44 ±9.6cmH²O e o GC apresentava uma PIM inicial de 93 ±8.1cmH²O e no, final do treino normal de natação, apresentou uma PIM de 102,4 ±8.4cmH²O. Na mesma tabela, podemos ainda verificar que, apesar do p value não ser significativo, no teste da Pressão Expiratória Máxima, o *effect size* foi de 0,163 e o efeito da intervenção foi de -9,37, revelando que o GC melhorou a PEM em 10cmH²O enquanto o GE melhorou a PEM apenas em 1,11cmH²O. Já em relação à PIM, o *effect size* foi de 0,039, sendo que o efeito da intervenção foi de

8,530 e o GE aumentou a PIM em 15,55cmH²O enquanto o GC aumentou a PIM em 9,4cmH²O.

5.3. Efeito do programa de Treino Muscular Respiratório na capacidade de apneia

Os resultados do estudo não mostraram diferenças significativas no teste Apneia segundos (0,779) nem no teste Apneia metros (0,184), conforme demonstrado na tabela 8.

Tabela 8. Resultados teste apneia segundos e metros e efeitos da intervenção

	Pré treino		Pós treino		p	Effect Size	Efeito Intervenção
	GE	GC	GE	GC			
Apneia (seg)	45.91 ±2.9	35.8±2.1	46.63±3.7	36.5±2.0	0.779	0.005	-1.357 (-11.4 a 8.7)
Apneia (m)	48.31 ±2.8	35.6±2.8	48.17±3.9	40.65±4.1	0.184	0.101	-15.846 (-40.0 a 8.3)

seg = segundos; m = metros; Effect size (eta square) = tamanho do efeito; Efeito da intervenção = $\Delta GE = (\text{pós-pré/pré}) \cdot 100$. Diferença significativa entre grupos $P < 0.05$.

O GE realizou o teste Apneia segundos em 45,91 ±8,77 seg. no pré treino enquanto que no pós treino realizou o teste em 46,63 ±11,19 seg. Já o GC teve como resultados no teste inicial 35,80 ±6,67 seg. e no pós treino os resultados foram de 36,50 ±6,41 seg.

Quanto ao teste Apneia metros o GE realizou uma média de 48,31 ±8,31m e no pós treino realizou 48,17 ±11,57m e o GC realizou uma média de 35,60 ±8,74m no pré treino e no pós treino 40,65 ±13,09m.



SEÇÃO VI. DISCUSSÃO

6. Discussão

Diferenças significativas na baseline na idade ($p = 0,040$), na percentagem de massa gorda ($p = 0,039$) e na percentagem de massa magra ($p = 0,045$) entre GE e GC podem ter contribuído para os resultados. De facto, a média de idades no GE foi de 15 (± 1.60) anos, enquanto no GC foi de 13,5 (± 1.35) anos e quanto à percentagem de massa gorda, o GE apresentou uma média de 18% ($\pm 3.82\%$) enquanto o GC apresentou uma média de 22,1% ($\pm 4.25\%$). Quanto à massa magra, o GE apresentou uma média de 44,6% ($\pm 7.64\%$) e o GC uma média de 38,4% ($\pm 4.71\%$). Estas diferenças quanto à percentagem de massa gorda e de massa magra podem estar relacionadas com o número atletas masculinos e femininos no GE e no GC. Enquanto o GE integrou 5 atletas do género masculino e 4 atletas do género feminino, o GC integrou apenas 2 atletas do género masculino e 8 atletas do género feminino o que pode ter criado um desequilíbrio nestes valores.

Performance

Apesar do teste dos 200 metros crol não ter mostrado diferenças significativas entre grupos, o tamanho do efeito neste teste foi de 0,153 e o efeito da intervenção de -10,62. No pré treino, o GE percorreu os 200 metros do teste em 151,57 segundos (± 2.7) seg e no pós treino percorreu os mesmos 200 metros em 152,22 segundos (± 3.6) seg, tendo mantido o tempo que demorou a percorrer os 200 metros em crol. Já o GC percorreu os 200 metros do teste no pré treino em 154,46 segundos (± 8.2) seg e no pós treino em 168,00 segundos (± 4.8) seg, aumentando o tempo que demorou a percorrer os 200 metros em crol. Estes resultados mostram que, no nosso estudo, os resultados pós treino no teste dos 200 metros crol pioraram no GC enquanto que no GE se mantiveram. Considerando que o *effect size* foi grande (0,153) o treino muscular respiratório permitiu que, ao invés dos atletas do GC, os atletas do GE não piorassem o tempo nos 200 metros crol.

Os resultados do nosso estudo são consistentes com outros estudos que não obtiveram resultados positivos do TMR na performance em natação, particularmente nos 400 metros. Já Kilding et al. (2010) e Wells et al. (2005) não tinham obtido resultados positivos no teste incremental de 7 x 200 metros e Kilding et al. (2010) também não tinha obtido resultados positivos no teste de 400 metros. Quanto ao teste de 200 metros, Kilding et al. (2010) e Lemaitre et al. (2013) obtiveram resultados positivos e Lomax et al. (2019)

obtiveram resultados positivos apenas no grupo que realizava < 31kms por semana. Estes estudos demonstram que não está clara a obtenção de resultados com o TMR na performance em natação.

Como referido anteriormente, a natação mimetiza o treino muscular respiratório e, quanto mais treinados forem os atletas, maior a intensidade de treino necessária para provocar as adaptações pretendidas e ter efeito um positivo na capacidade dos músculos respiratórios e na performance na natação. Nesse sentido, procurámos assegurar uma duração – 14 semanas – e uma carga de treino – incremental, começando com 30 repetições, uma vez por dia e passando para 30 repetições, 2 vezes por dia, a 65% da PIM - que provocasse o efeito pretendido. No nosso entendimento, o programa de 14 semanas pode ter sido demasiado extenso o que, conjuntamente com a realização de apenas uma alteração/incremento no treino durante as 14 semanas pode ter contribuído para não estimular suficientemente os músculos respiratórios.

Pressão Inspiratória e Expiratória Máximas

O programa de TMR de 14 semanas em conjunto com o treino de natação não obteve efeitos significativos na PIM e na PEM dos atletas. No nosso estudo, quer o GE quer o GC melhoraram a PIM e a PEM, demonstrando que o TMR juntamente com a natação não obteve efeitos significativos na PIM (0,421) nem na PEM (0,086) dos atletas, mais que o treino de natação por si só. Apesar do p value não ser significativo, o teste da PEM revelou um tamanho do efeito de 0,163 e um efeito da intervenção de -9,37, revelando que o GC melhorou a PEM em 10cmH²O, enquanto o GE melhorou a PEM apenas em 1,11cmH²O. Já em relação à PIM, o tamanho do efeito foi de 0,039 e o efeito da intervenção de 8,530, sendo que o GE aumentou a PIM em 15,55cmH²O, enquanto o GC aumentou a PIM em 9,4cmH²O. Estes dados revelam que, apesar do efeito não ser significativo, o programa de treino teve um efeito maior na PIM do GE (aumento da PIM em 15,55cmH²O) e um efeito maior na PEM do GC (aumento da PEM em 10cmH²O).

Os resultados do nosso estudo, ao não obterem um efeito significativo na PIM nem na PEM dos atletas do GE quando comparados com os atletas do GC, estão em linha com os resultados de outro estudo de doze semanas de treino de natação e treino muscular respiratório (Mickleborough et al., 2008) que não encontrou resultados nem na PIM nem na PEM dos nadadores e contrariam estudos anteriores com programas de treino de

Ana Lourido – Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em natação pura desportiva

natação conjunto com TMR com doze (Wells et al., 2005), oito (Lemaitre et al., 2013) e quatro semanas (Vašíčková et al., 2017). Ainda outro estudo (Lomax et al., 2019) obteve resultados apenas na PIM dos atletas, não obtendo resultados na PEM, após um programa de seis semanas. Alguns estudos que analisaram apenas a PIM dos atletas obtiveram resultados positivos quer com um programa de seis semanas (Ando et al., 2020; Kilding et al., 2010; Tan et al., 2023) quer com um programa de doze semanas (Shei et al., 2016). Dois programas de 12 semanas de TMR e natação: um com sessões de TMR diárias com 10 repetições entre 50% a 80% da PIM (Wells et al., 2005) e outro realizado 3 dias por semana a 80% da PIM até falha (Shei et al., 2016) obtiveram resultados na PIM dos atletas. Também dois programas de 8 semanas de TMR realizados 5 dias por semana: um 30 minutos por dia, utilizando um saco entre 40% a 50% da capacidade vital (Lemaitre et al., 2013) e outro com 30 repetições, 2 vezes por dia entre 30% a 60% da PIM (Okrzymowska et al., 2019) obtiveram efeitos na PIM dos atletas. Foram ainda realizados quatro estudos com programas de 6 semanas de TMR que obtiveram resultados na PIM dos atletas: dois estudos realizaram TMR 7 dias por semana, 2 vezes por dia com 30 repetições a 50% da PIM (Kilding et al., 2010; Lomax et al., 2019); um estudo realizou TMR 6 dias por semana, 2 vezes por dia com 30 repetições, a 50% da PIM (Ando et al., 2020); e outro estudo realizou TMR 3 dias por semana, com 3x30 repetições 15 a 20 minutos realizados pré treino de natação (Tan et al., 2023). Um estudo de 4 semanas de TMR com 10 repetições por dia com um aumento semanal de 30% a 60% PIM (Vašíčková et al., 2017) também obteve efeitos na PIM dos atletas.

Capacidade de apneia

Quanto ao objetivo de avaliar o efeito do treino dos músculos respiratórios na capacidade de apneia, o nosso estudo não mostrou diferenças significativas nem no tempo máximo em apneia ($p=0,779$), nem na distância percorrida em apneia ($p=0,184$), demonstrando, assim, inconsistência com o estudo de Vašíčková et al. (2017). Quanto ao tempo em apneia, o GE realizou o teste Apneia segundos em 45,91 (± 2.9) segundos no pré treino enquanto no pós treino realizou o teste em 46,63 (± 3.7) segundos, apresentando uma melhoria de 0,72 segundos e o GC realizou o teste inicial em 35,80 (± 2.1) segundos e no pós treino os resultados foram de 36,50 (± 2.0) segundos apresentando também uma melhoria de 0,70 segundos. Estes resultados confirmam que o nosso programa de TMR não obteve efeitos significativos na capacidade de tempo em apneia dos atletas.

Quanto à distância no teste Apneia, com o TMR o GE diminuiu a distância percorrida em apneia, tendo realizado uma média de 48,31 (± 2.8) metros no pré treino e 48,17 (± 3.9) metros no pós treino, sendo que o GC realizou uma média de 35,60 metros no pré treino e no pós treino 40,65 (± 4.1) metros. O estudo de Vašíčková et al. (2017) que obteve efeitos na PIM e na PEM dos atletas realizou um programa de 4 semanas de TMR combinado com natação com atletas jovens de natação com barbatanas. Neste estudo o TMR foi realizado diariamente em casa (10 repetições) e foi realizado um aumento semanal de 30% a 60% da PIM. Apesar do período do estudo ser de apenas 4 semanas, é possível que este aumento semanal tenha sido importante para o efeito positivo na capacidade dos músculos respiratórios e na performance na natação subaquática. Um estudo com 79 nadadores de elite com o objetivo de investigar o impacto de tempo e distância gastos debaixo de água e na superfície no desempenho de natação nos 100 metros nado livre concluiu que três parâmetros entre as fases subaquáticas (distância debaixo de água, velocidade debaixo de água e percentagem total de tempo sem nadar) determinam o desempenho de 100 metros nado livre e que a diferença no desempenho ao longo de 100 metros está principalmente nas fases não nadadoras (Pla et al., 2021). Esses dados sugerem que o treino específico de apneia pode melhorar as habilidades debaixo de água durante os desempenhos de natação em piscina curta.

São ainda poucos, os estudos existentes que combinam TMR com treino de natação em atletas nadadores treinados e não encontramos consenso sobre duração do programa, intensidade e protocolos do treino muscular respiratório a aplicar: carga, incrementos de carga, repetições, duração, quantidade de vezes por dia, período do dia são fatores tratados de forma evasiva e diversa pelos autores que poderão ter impacto nos resultados.

Não estudámos os resultados de forma individualizada em cada participante. Alguns atletas podem ter apresentado melhorias maiores do que outros. Apesar do programa de treino ter sido o mesmo, outros fatores, como idade ou nível de aptidão física, podem ter influenciado os resultados (Illi et al., 2012).

Por outro lado, diferentes parâmetros antropométricos, fisiológicos e biomecânicos têm sido associados ao desempenho em natação. A investigação em natação juvenil baseia-se numa avaliação multifatorial. Jürimäe et al., (2007) sugere o rácio de braçada, a envergadura dos braços e o VO_{2max} como os principais determinantes do desempenho na natação crawl em nadadores jovens. Outro estudo que analisou a performance de nadadores jovens nos 100m crol aponta que o desempenho destes nadadores é

determinado predominantemente por fatores fisiológicos e pela técnica de natação (De Mello Vitor & Böhme, 2010). Uma revisão sistemática concluiu que o desempenho de jovens nadadores é multifatorial, holístico e dinâmico e que um melhor desempenho está associado a uma melhor técnica de natação e a características antropométricas e que tanto as características antropométricas como o treino desempenham papéis-chave na performance em natação de jovens nadadores (Morais et al., 2021). Este estudo conclui que nadadores com maiores dimensões corporais são os mais rápidos e que a contribuição da energia e da eficiência torna-se mais importante à medida que o nadador envelhece (Morais et al., 2021).

Limitações do estudo

O tamanho reduzido da amostra é um fator importante a considerar na análise dos resultados. O número de atletas e o número de treinadores dos músculos respiratórios disponíveis influenciou o tamanho da amostra, sendo que o GE foi constituído por 9 atletas e o GC por 10 atletas. Este fator pode ter tido impacto nos resultados do estudo.

Em relação à idade, GE e o GC apresentaram diferenças significativas ($p=0,040$). Dado que consideráveis diferenças no estágio de maturidade entre jovens nadadores resultam em diferenças marcantes no tamanho e na força dos atletas, influenciando o desempenho com base na maturidade, em vez de da habilidade ou do treino (Kojima et al., 2012) e tendo, o nosso estudo, envolvido adolescentes em pleno desenvolvimento da maturidade fisiológica, este fator também pode ter tido influência nos resultados do nosso estudo, incluindo a PIM e a PEM, a capacidade de apneia e o desempenho nos testes de 200 metros e 400 metros crol.

Outra limitação do nosso estudo está relacionada com o programa de Treino Muscular Respiratório ter sido realizado em casa de forma autónoma. Foram solicitados vídeos e foi realizado um questionário no final do treino para aferir do cumprimento do TMR. Apesar de terem sido solicitados vídeos para confirmar se o protocolo estava a ser bem realizado e ter sido realizado um questionário final, a realização autónoma do treino não permitiu um acompanhamento tão próximo do treino muscular respiratório e eventuais correções. Este fator pode ter influenciado os resultados do estudo, dado que o TMR supervisionado, realizado na piscina previamente ao treino de natação teve efeitos

positivos na PIM e na performance no teste dos 50m e dos 100m no estudo de Tan et al. (2023).

A situação extraordinária vivida com a Covid-19 que afetou Portugal e, no caso particular, mais de metade dos atletas do Clube Naval Setubalense que participaram no estudo foi a limitação maior do nosso estudo. Na realidade, 3 atletas do GE testaram positivo à COVID-19 no período do estudo e pelo menos mais 2 atletas do GE tinham testado positivo num período anterior e próximo ao início do estudo. Este foi um período extraordinário e incerto em Portugal e no mundo, com repercussões ainda em curso e por analisar. No caso do nosso estudo, os objetivos específicos de perceber se um programa de catorze semanas de treino combinado de TMR e natação melhoraria a capacidade inspiratória e expiratória máxima de jovens nadadores e de avaliar o efeito do treino dos músculos respiratórios na capacidade de apneia e na performance dos jovens atletas numa prova de 200 metros e 400 metros crol, ficaram comprometidos com a incidência da Covid-19 e o seu impacto ao nível respiratório nos atletas. Num estudo que analisou o impacto causado pelo período de confinamento durante a COVID-19 no desempenho de nadadores mundialmente classificados, foi observado que o desempenho dos nadadores foi prejudicado em 1-2%, sendo que tinha sido observada uma melhoria significativa no desempenho de cerca de 0,5-2,5% na maioria dos estilos e distâncias até a temporada 2018-2019 e (Costa et al., 2021).

Em atletas com COVID-19, sintomas respiratórios persistentes e uma apresentação inicial com foco nos sintomas respiratórios inferiores parecem estar associados a uma recuperação mais demorada e a um retorno prolongado à prática desportiva (Williams & Hull, 2022). Wilson et al. (2020) reportaram relatos consistentes de atletas que referiram sintomas persistentes e residuais muitas semanas a meses após a infeção inicial por COVID-19. É hoje reconhecido o desenvolvimento de sintomas persistentes e a presença de um período de recuperação prolongado após a COVID-19 tanto em atletas de elite quanto em atletas de nível sub-elite (Schwellnus et al., 2021). No maior estudo realizado até o momento para avaliar a Covid-19 em atletas (n = 3597 atletas), 137 atletas relataram sintomas de esforço ao retornarem o treino, sendo o sintoma mais comum a dispneia (58%), seguida por dor no peito (36%) e, em seguida, intolerância ao exercício (23%) (Petek et al., 2022). Noutro estudo (Moulson et al., 2022), dos 21 atletas avaliados, mais de 70% relataram dispneia persistente, intolerância ao exercício e dor no peito. Todos os atletas apresentaram pelo menos um sintoma durante a fase aguda da doença COVID-19

Ana Lourido – Efeitos do treino dos músculos respiratórios na prestação em natação pura desportiva

e relataram pelo menos um sintoma cardiopulmonar de esforço, sendo os mais comuns a dispneia (76%), a dor no peito (57%) e as palpitações de esforço (29%). No nosso conhecimento não existem, em Portugal, estudos sobre o impacto da COVID-19 na capacidade respiratória de atletas, sendo certo que, o impacto da COVID-19 nos atletas afetados não está totalmente estudado.



*SEÇÃO VII. CONCLUSÕES E DIREÇÕES
FUTURAS*

7. Conclusões e direções futuras

Os resultados apresentados nesta dissertação evidenciaram que do programa de 14 semanas de treino muscular respiratório em conjunto com a natação não resultaram efeitos significativos na performance dos atletas. Apesar do efeito na performance não ser significativo, o estudo evidenciou que o programa de 14 semanas de treino muscular respiratório em conjunto com a natação teve um efeito grande (*effect size* de 0,153) na performance nos 200 metros crol. O treino muscular respiratório juntamente com a natação não obteve efeitos significativos na PIM nem na PEM dos atletas, mais que o treino de natação por si só. Também quanto à capacidade de apneia, os resultados não foram significativos.

São necessários mais estudos com atletas nadadores para continuar a avaliar o efeito do treino muscular respiratório na PIM e na PEM, na capacidade de apneia e na performance dos atletas. Sugerem-se estudos com um período de intervenção mais curto, mais momentos de variação de carga e com o TMR supervisionado, sendo importante sistematizar abordagens, protocolos e programas por forma a testar de forma mais eficaz os efeitos do treino muscular respiratório na prestação em natação pura desportiva.

Comunidade científica, atletas amadores e profissionais e treinadores, podem beneficiar com o avanço no conhecimento sobre os efeitos do treino muscular respiratório na prestação em natação pura desportiva.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- Aliverti, A. (2016). The respiratory muscles during exercise. *Breathe*, 12(2), 165–168.
<https://doi.org/10.1183/20734735.008116>
- Almeida, I. P., Bertucci, N. R., & Lima, V. P. (2008). Variações da pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima a partir da capacidade residual funcional ou da capacidade pulmonar total e volume residual em indivíduos normais. *O Mundo da Saúde*, 32(2), 176–182. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.200832.2.7>
- Ando, R., Ohya, T., Kusanagi, K., Koizumi, J., Ohnuma, H., Katayama, K., & Suzuki, Y. (2020). Effect of inspiratory resistive training on diaphragm shear modulus and accessory inspiratory muscle activation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(8), 851–856. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0906>
- Archiza, B., Andaku, D. K., Caruso, F. C. R., Bonjorno, J. C., Oliveira, C. R. de, Ricci, P. A., Amaral, A. C. do, Mattiello, S. M., Libardi, C. A., Phillips, S. A., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2018). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: A randomized sham-controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 771–780.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340659>
- 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*, 57(1), 72. <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>
- Chino, K., Ohya, T., Katayama, K., & Suzuki, Y. (2018). Diaphragmatic shear modulus at various submaximal inspiratory mouth pressure levels. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 252–253, 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2018.03.009>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). L. Erlbaum Associates.

Costa, M. J., Garrido, N. D., Marinho, D. A., & Santos, C. C. (2021). How Much the Swimming Performance Leading to Tokyo 2020 Olympic Games Was Impaired Due to the Covid-19 Lockdown? *Journal of Sports Science and Medicine*, 714–720.

<https://doi.org/10.52082/jssm.2021.714>

De Mello Vitor, F., & Böhme, M. T. S. (2010). Performance of Young Male Swimmers in the 100-Meters Front Crawl. *Pediatric Exercise Science*, 22(2), 278–287.

<https://doi.org/10.1123/pes.22.2.278>

De Troyer, A., & Boriek, A. M. (2011). Mechanics of the Respiratory Muscles. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (1.^a ed., pp. 1273–1300). Wiley.

<https://doi.org/10.1002/cphy.c100009>

De Troyer, A., Kirkwood, P. A., & Wilson, T. A. (2005). Respiratory Action of the Intercostal Muscles. *Physiological Reviews*, 85(2), 717–756.

<https://doi.org/10.1152/physrev.00007.2004>

Dempsey, J. A., Sheel, A. W., St. Croix, C. M., & Morgan, B. J. (2002). Respiratory influences on sympathetic vasomotor outflow in humans. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 130(1), 3–20. [https://doi.org/10.1016/S0034-5687\(01\)00327-9](https://doi.org/10.1016/S0034-5687(01)00327-9)

Fiz, J. A., Romero, P., Gomez, R., Hernandez, M. C., Ruiz, J., Izquierdo, J., Coll, R., & Morera, J. (1998). Indices of Respiratory Muscle Endurance in Healthy Subjects. *Respiration*, 65(1), 21–27. <https://doi.org/10.1159/000029223>

Formenti, P., Umbrello, M., Dres, M., & Chiumello, D. (2020). Ultrasonographic assessment of parasternal intercostal muscles during mechanical ventilation. *Annals of Intensive Care*, 10(1), 120. <https://doi.org/10.1186/s13613-020-00735-y>

Gallagher, C. G., Sanii, R., & Younes, M. (1989). Response of normal subjects to inspiratory resistive unloading. *Journal of Applied Physiology*, 66(3), 1113–1119.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1989.66.3.1113>

- Gold, W. M., & Koth, L. L. (2016). Pulmonary Function Testing. Em *Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine* (pp. 407-435.e18). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-3383-5.00025-7>
- Hartz, C. S., Sindorf, M. A. G., Lopes, C. R., Batista, J., & Moreno, M. A. (2018). Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 43–51. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0005>
- Hess, H., & Hostler, D. (2018). Respiratory Muscle Training Effects on Performance in Hypo- and Hyperbaria. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89(11), 996–1001.
<https://doi.org/10.3357/AMHP.5138.2018>
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1. <https://doi.org/10.2165/11631670-000000000-00000>
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of Swimming Performance from Physical, Physiological, and Biomechanical Parameters in Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19(1), 70–81.
<https://doi.org/10.1123/pes.19.1.70>
- Kilding, A. E., Brown, S., & McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 505–511. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1228-x>
- Kojima, K., Jamison, P. L., & Stager, J. M. (2012). Multi-age-grouping paradigm for young swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 30(3), 313–320.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.640705>
- Lemaitre, F., Coquart, J. B., Chavallard, F., Castres, I., Mucci, P., Costalat, G., & Chollet, D. (sem data). *Effect of Additional Respiratory Muscle Endurance Training in Young Well-Trained Swimmers*.

- Lin, Y. C., Lally, D. A., Moore, T. O., & Hong, S. K. (1974). Physiological and conventional breath-hold breaking points. *Journal of Applied Physiology*, *37*(3), 291–296.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1974.37.3.291>
- Lomax, M., Kapus, J., Brown, P. I., & Faghy, M. (2019). Impact of Weekly Swimming Training Distance on the Ergogenicity of Inspiratory Muscle Training in Well-Trained Youth Swimmers: *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(8), 2185–2193.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002375>
- Lomax, M., & McCONNELL, A. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of Sports Sciences*, *21*(8), 659–664.
<https://doi.org/10.1080/0264041031000101999>
- Mickleborough, T. D., Stager, J. M., Chatham, K., Lindley, M. R., & Ionescu, A. A. (2008). Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(6), 635–646. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0759-x>
- Miller, M. R. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, *26*(2), 319–338. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Silva, A. J., & Marinho, D. A. (2021). Young Swimmers' Anthropometrics, Biomechanics, Energetics, and Efficiency as Underlying Performance Factors: A Systematic Narrative Review. *Frontiers in Physiology*, *12*, 691919.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691919>
- Muthusamy, S., Balasubramanian, K., Subramaniam, A., & Balasubramniam, A. (2022). Effects of Individualized Training and Respiratory Muscle Training on Pulmonary Function among Collegiate Swimmers: An Experimental Study. *Physical Education Theory and Methodology*, *22*(3s), S64–S70. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2022.3s.09>
- Neder, J. A., Andreoni, S., Lerario, M. C., & Nery, L. E. (1999). Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian*

Journal of Medical and Biological Research, 32(6), 719–727.

<https://doi.org/10.1590/S0100-879X1999000600007>

- Okrzymowska, P., Kurzaj, M., Seidel, W., & Rożek-Piechura, K. (2019). Eight Weeks of Inspiratory Muscle Training Improves Pulmonary Function in Disabled Swimmers—A Randomized Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1747. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101747>
- Petek, B. J., Moulson, N., Baggish, A. L., Kliethermes, S. A., Patel, M. R., Churchill, T. W., Harmon, K. G., & Drezner, J. A. (2022). Prevalence and clinical implications of persistent or exertional cardiopulmonary symptoms following SARS-CoV-2 infection in 3597 collegiate athletes: A study from the Outcomes Registry for Cardiac Conditions in Athletes (ORCCA). *British Journal of Sports Medicine*, 56(16), 913–918. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104644>
- Pla, R., Poszalczyk, G., Souaïssia, C., Joulia, F., & Guimard, A. (2021). Underwater and Surface Swimming Parameters Reflect Performance Level in Elite Swimmers. *Frontiers in Physiology*, 12, 712652. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712652>
- Ratnovsky, A., Elad, D., & Halpern, P. (2008). Mechanics of respiratory muscles. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 163(1–3), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.04.019>
- Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20(7), 547–590. <https://doi.org/10.1080/026404102760000053>
- Schagatay, E. (2010). *Predicting performance in competitive apnea diving. Part II: dynamic apnea*. 40.
- Schwellnus, M., Sewry, N., Snyders, C., Kaulback, K., Wood, P. S., Seocharan, I., Derman, W., Hull, J. H., Valtonen, M., & Jordaan, E. (2021). Symptom cluster is associated with prolonged return-to-play in symptomatic athletes with acute respiratory illness

- (including COVID-19): A cross-sectional study—AWARE study I. *British Journal of Sports Medicine*, 55(20), 1144–1152. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103782>
- Seifert, L., Chehensse, A., Tourny-Chollet, C., Lemaitre, F., & Chollet, D. (2008). Effect of Breathing Pattern on Arm Coordination Symmetry in Front Crawl. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1670–1676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318182029d>
- Shei, R.-J. (2018). Recent Advancements in Our Understanding of the Ergogenic Effect of Respiratory Muscle Training in Healthy Humans: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2665–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002730>
- Shei, R.-J., Lindley, M., Chatham, K., & Mickleborough, T. D. (2016). Effect of flow-resistive inspiratory loading on pulmonary and respiratory muscle function in sub-elite swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(4), 8.
- Shei, R.-J., Paris, H. L., Sogard, A. S., & Mickleborough, T. D. (2022). Time to Move Beyond a “One-Size Fits All” Approach to Inspiratory Muscle Training. *Frontiers in Physiology*, 12, 766346. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.766346>
- Sieck, G. C., Ferreira, L. F., Reid, M. B., & Mantilla, C. B. (2013). Mechanical Properties of Respiratory Muscles. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (1.^a ed., pp. 1533–1567). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130003>
- Souza, R. B. D. (2002). *Pressões respiratórias estáticas máximas*.
- Sylvia, K., & Chrysoula, C. (2017). Physiological Adaptations of Apnea-Conditioned Athletes and their Implications for Synchronized Swimmers’ Performance. *Archives of Sports Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.36959/987/225>
- Szczepan, S., Danek, N., Michalik, K., Wróblewska, Z., & Zatoń, K. (2020). Influence of a Six-Week Swimming Training with Added Respiratory Dead Space on Respiratory Muscle Strength and Pulmonary Function in Recreational Swimmers. *International Journal of*

Environmental Research and Public Health, 17(16), 5743.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17165743>

Tan, M., Liang, Y., Lv, W., Ren, H., & Cai, Q. (sem data). *5 Swimming Performance: A Study on the Cohort of*.

Uemura, H., Lundgren, C. E. G., Ray, A. D., & Pendergast, D. R. (2012). Effects of Different Types of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Runners. *Military Medicine*, 177(5), 559–566. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-11-00341>

Vašíčková, J., Neumannová, K., & Svozil, Z. (sem data). *The Effect of Respiratory Muscle Training on Fin-Swimmers' Performance*. 6.

Volianitis, S., Mcconnell, A. K., Koutedakis, Y., Mcnaughton, L., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 803–809. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00020>

Wells, G. D., Plyley, M., Thomas, S., Goodman, L., & Duffin, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 94(5–6), 527–540. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1375-7>

Williams, Z., & Hull, J. H. (2022). Respiratory complications following COVID -19 in athletic populations: A narrative review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, sms.14275. <https://doi.org/10.1111/sms.14275>

Wilson, M. G., Hull, J. H., Rogers, J., Pollock, N., Dodd, M., Haines, J., Harris, S., Loosemore, M., Malhotra, A., Pielas, G., Shah, A., Taylor, L., Vyas, A., Haddad, F. S., & Sharma, S. (2020). Cardiorespiratory considerations for return-to-play in elite athletes after COVID-19 infection: A practical guide for sport and exercise medicine physicians. *British Journal of Sports Medicine*, 54(19), 1157–1161. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102710>