

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE FISIOTERAPIA

DIEGO FELLIPE DE ABREU
ONYLÊ OLIVEIRA E SILVA
RAPHAEL MATHEUS JUVENCIO DA SILVA

**REPERCUSSÕES DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO NA FADIGA
RESPIRATÓRIA E NO AUMENTO DO DESEMPENHO ATLÉTICO NO CONTEXTO
DO FUTEBOL MASCULINO: revisão sistemática da literatura**

RECIFE
2024

**DIEGO FELLIPE DE ABREU
ONYLÊ OLIVEIRA E SILVA
RAPHAEL MATHEUS JUVENCIO DA SILVA**

**REPERCUSSÕES DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO NA FADIGA
RESPIRATÓRIA E NO AUMENTO DO DESEMPENHO ATLÉTICO NO CONTEXTO
DO FUTEBOL MASCULINO: Revisão sistemática da literatura**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Fisioterapia do Centro
Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos
requisitos para conclusão do curso.

Orientadora: Profa. Esp. Andréa Lima da Silva

RECIFE
2024

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Laís Cardoso, CRB-4/PE-1753/P.

A162r Abreu, Diego Fellipe de.
Repercussões do treinamento muscular inspiratório na fadiga respiratória e no aumento do desempenho atlético no contexto do futebol masculino: revisão sistemática da literatura / Diego Fellipe de Abreu, Onylê Oliveira e Silva, Raphael Matheus Juvencio da Silva. - Recife: Edição do Autor, 2024.

34p. : il. color.

Orientador(a): Esp. Andréa Lima da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Brasileiro – Unibra. Curso Graduação em Bacharel em Fisioterapia, 2024.

Inclui Referências.

1. Exercícios respiratórios. 2. Desempenho atlético. 3. Fadiga. 4. Futebol. I. Silva, Onylê Oliveira e. II. Silva, Raphael Matheus Juvencio da. III. Centro Universitário Brasileiro - Unibra. IV. Título.

CDU: 615.8

**DIEGO FELLIPE DE ABREU
ONYLÊ OLIVEIRA E SILVA
RAPHAEL MATHEUS JUVENCIO DA SILVA**

**REPERCUSSÕES DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO NA FADIGA
RESPIRATÓRIA E NO AUMENTO DO DESEMPENHO ATLÉTICO NO CONTEXTO
DO FUTEBOL MASCULINO: Revisão sistemática da literatura**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Examinadores:

Andréa Lima da Silva
Orientadora – Especialista em Uroginecologia e Obstetrícia e Fisioterapia
Dermatofuncional

Gláudya Ariclênia Bernardo Lindolfo de Oliveira
Examinador 1 – Mestre em Psicologia Clínica

Renê Ribeiro Soares
Examinador 2 – Especialista em Fisioterapia Dermatofuncional e Fisioterapia Pélvica

Nota: _____

Data: ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, como em toda e qualquer ocasião das nossas vidas gostaríamos de agradecer e glorificar a Deus, quem nos manteve firmes nesta longa jornada e nos permitiu chegar até este momento glorioso. Aos nossos familiares que sempre estiveram conosco e nos ajudaram a todo momento, ensinaram os caminhos corretos, cuidaram, criaram e nos forneceram sempre o amor de uma família abençoada, nos acalentando a seguir e arriscar no desconhecido da vida. À professora Gláudia Oliveira, mais conhecida como “neuromãe” que esteve conosco ao longo de toda essa jornada, não só na condição de docente, mas, principalmente como amiga, sempre à disposição para ajudar seus neurofilhos da melhor forma possível e sempre no maior grau de excelência existente, dando o melhor de si, ainda que nos dias mais difíceis, sempre nos aconselhando e mostrando os melhores caminhos para seguirmos. À professora Andréa Lima por todo apoio, tanto enquanto professora, quanto ao final, inesperadamente, enquanto orientadora, toda calma e prestatividade em nos ajudar quando preciso, sempre nos apoiando a todo momento. Aos amigos conquistados através da graduação, e também aos amigos que a vida nos proporcionou e que sempre estiveram conosco nessa jornada, nos fornecendo palavras reconfortantes e momentos que nos revigoraram a prosseguir. Por fim a nós mesmos, Onylê Oliveira e Raphael Matheus por toda a dedicação e persistência que nos trouxeram até aqui, nossa parceria transcendeu as circunstâncias de estudos e atividades discentes, e assim prosseguirá.

RESUMO

Introdução: O futebol configura uma atividade de alta intensidade, exigindo um alto limiar ventilatório. Um desafio encontrado pelos atletas tem sido tolerar elevada carga cardiorrespiratória e reter energia suficiente para realizar corridas. Acredita-se que uma maior funcionalidade dos músculos inspiratórios facilita a manutenção de cargas de trabalho mais elevadas ou uma maior eficiência do desempenho durante o jogo. Nesse sentido, o Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) desponta como uma estratégia interessante para melhorar a tolerância ao exercício físico. **Objetivo:** Analisar os benefícios do TMI sobre a fadiga respiratória e sua correlação com o desempenho esportivo em atletas de futebol. **Delineamento Metodológico:** Trata-se de uma revisão sistemática da literatura científica, utilizando as bases de dados BVS, PEDro e PubMed, sem restrição linguística e temporal. **Resultados:** Dos 117 artigos encontrados, 90 foram selecionados para análise, sendo 3 incluídos neste trabalho. Os estudos apontaram aumento da P_{Imáx} dos atletas através do TMI, porém, quando associado a exercícios aeróbicos, obtiveram-se aumentos significativos em variáveis como P_{Imáx}, CVF e VEF1. **Discussão:** Os ganhos referentes à musculatura inspiratória são consideráveis mediante o TMI, permitindo alcançar reduções na percepção de fadiga respiratória, readequando o consumo de oxigênio, o aumento da complacência pulmonar, possibilitando melhores desempenhos em testes específicos do futebol. Contudo, apesar dos ganhos categóricos, os mecanismos de aumento do desempenho físico pelo TMI ainda permanecem incógnitos. **Conclusão:** A P_{Imáx} dos atletas de futebol masculino melhorou significativamente com o TMI, havendo redução de fadiga respiratória, entretanto, ainda sem evidências suficientes e consistentes que comprovem uma melhora expressiva consoante ao desempenho atlético. Nesse sentido, incentivam-se novas pesquisas com maior rigor metodológico e de protocolos de intervenção, objetivando conferir maior visibilidade à temática em pauta, consolidando o TMI como uma ferramenta profícua aliada ao desempenho atlético, revelando-se como um cenário potencialmente promissor no contexto do futebol.

Palavras-chave: Exercícios Respiratórios; Desempenho Atlético; Fadiga; Futebol.

ABSTRACT

Introduction: Football is a high-intensity activity, requiring a high ventilatory threshold. A challenge faced by athletes has been tolerating high cardiorespiratory load and retaining enough energy to perform races. It is believed that greater functionality of the inspiratory muscles facilitates the maintenance of higher workloads or greater performance efficiency during the game. In this sense, Inspiratory Muscle Training (IMT) emerges as an interesting strategy to improve tolerance to physical exercise. **Objective:** To analyze the benefits of IMT on respiratory fatigue and its correlation with sports performance in football athletes. **Methodological Design:** This is a systematic review of scientific literature, using the BVS, PEDro and PubMed databases, without linguistic and temporal restrictions. **Results:** Of the 117 articles found, 90 were selected for analysis, being 3 included in this work. Studies showed an increase in athletes' MIP through IMT, however, when associated with aerobic exercises, significant increases were obtained in variables such as MIP, FVC and FEV1. **Discussion:** The gains in inspiratory muscles are considerable through IMT, allowing reductions in the perception of respiratory fatigue, readjusting oxygen consumption, increasing lung compliance, enabling better performance in specific football tests. However, despite the categorical gains, the mechanisms for increasing physical performance through IMT still remain unknown. **Conclusion:** The PiMax of male football athletes improved significantly with IMT, with a reduction in respiratory fatigue, however, there is still no sufficient and consistent evidence to prove a significant improvement depending on athletic performance. In this sense, new research with greater methodological rigor and intervention protocols is encouraged, aiming to give greater visibility to the topic at hand, consolidating the IMT as a fruitful tool combined with athletic performance, revealing itself as a potentially promising scenario in the context of soccer.

Keywords: Breathing Exercises; Athletic Performance; Fatigue; Soccer.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estratégia de busca (página 18)

Quadro 2: Critérios de elegibilidade: PICOT (página 19)

Quadro 3: Características dos estudos incluídos (página 22)

Quadro 4: Resultados dos estudos incluídos (página 23)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BPM: Batimentos por Minuto
- BVS: Biblioteca Virtual em Saúde
- CO²: Dióxido de carbono
- CV: Capacidade Vital
- CVF: Capacidade Vital Forçada
- Kg: Quilogramas
- Km: Quilômetros
- M: Metros
- Min: Minutos
- ML: Mililitros
- MSFT: *Maximal multistage fitness test*
- O²: Oxigênio
- PEDro: *Physiotherapy evidence database*
- PEmáx: Pressão Expiratória máxima
- PFE: Pico de Fluxo Expiratório
- Plmáx: Pressão Inspiratória máxima
- PICOT: Critérios de inclusão (População, Intervenção, Controle, Desfechos - *Outcomes* - e Tipo de Estudos)
- PRISMA: Conjunto mínimo de itens baseados em evidências para relatar estudos em revisões sistemáticas
- PubMed: *United States National Library of Medicine*
- S: Segundos
- SNC: Sistema Nervoso Central
- SSFT: *Soccer-specific fitness test*
- TMI: Treinamento Muscular Inspiratório
- TMR: Treinamento Muscular Respiratório
- TRI: Treinamento de Resistência Incremental
- VEF1: Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo
- VO²máx: Consumo máximo de oxigênio
- VVM: Ventilação Voluntária Máxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Futebol.....	12
2.1.1	<i>Conceito.....</i>	12
2.1.2	<i>Pré-temporada.....</i>	13
2.2	Desempenho dos atletas de futebol.....	13
2.2.1	<i>Fisiologia respiratória em atletas de futebol.....</i>	13
2.2.2	<i>Metaborreflexo.....</i>	14
2.3	Treinamento muscular inspiratório.....	16
2.3.1	<i>Fisiologia da respiração.....</i>	16
2.3.2	<i>Aplicação da técnica.....</i>	17
3	DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	18
3.1	Tipo de revisão, período da pesquisa, restrição linguística e temporal	18
3.2	Bases de dados, descritores e estratégia de busca.....	18
3.3	Realização das buscas e seleção dos estudos.....	18
3.4	Crêterios de elegibilidade.....	19
4	RESULTADOS.....	20
5	DISCUSSÃO	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O futebol é mundialmente reconhecido como uma atividade de alta intensidade, intermitente e de duração prolongada que exige dos atletas *sprints* (corridas em esforço máximo por uma distância pré-determinada) regulares e repetidos durante os 90 minutos de jogo com aproximadamente 75% do esforço máximo que se aproxima do limiar anaeróbico. Um desafio encontrado pelos atletas de futebol tem sido manter a capacidade de tolerar elevada carga cardiorrespiratória, juntamente com a capacidade de reter energia suficiente para realizar corridas. Nesse sentido, é provável que uma maior funcionalidade dos músculos inspiratórios possa facilitar a manutenção de cargas de trabalho mais elevadas ou uma maior eficiência do desempenho durante o jogo (Guy; Edwards; Deakin, 2014).

Durante uma atividade física intensa e prolongada é requisitado ao corpo um maior trabalho aeróbico, com isso, a resistência muscular das vias respiratórias diminui em resposta ao trabalho muscular e à dispneia, o que impede que os músculos respiratórios alcancem a pressão pleural adequada, limitando o desempenho muscular solicitado à fisiologia respiratória do atleta. Desta forma, tem-se uma maior indução à fadiga dos músculos respiratórios, reduzindo a função pulmonar e o desempenho global. Outros fatores contribuintes para a limitação da resistência física compreendem a mecânica pulmonar e a própria difusão, que ocorre quando o oxigênio (O_2) e o dióxido de carbono (CO_2) passam entre o ar e o sangue por difusão simples, seguindo um gradiente de pressão parcial. Isso garante uma eficiente troca de gases nos pulmões, permitindo a absorção de oxigênio e a eliminação de dióxido de carbono (West, 2013; Hartz *et al.*, 2018).

Ao otimizar a função respiratória, espera-se que os atletas melhorem a capacidade de lidar com a demanda ventilatória, o que pode resultar em um desempenho aprimorado e maior resistência à fadiga. Assim sendo, aumentando-se a capacidade ventilatória do atleta permite-se que o mesmo consiga ter maior resistência ao exercício proposto e lhe ofereça condições para realizar treinos de maneira mais satisfatória e eficaz por uma margem temporal maior em comparação aos parâmetros anteriores (Barone, 2023).

Nesse cenário, a realização de um programa de treinamento aeróbico bem elaborado subsidia os jogadores de futebol a manter ações repetitivas de alta intensidade durante uma partida de futebol, contribuindo para acelerar seu processo de recuperação e conservando sua condição física em um patamar ideal durante

todo o jogo, bem como também na competição e na temporada. Um dos parâmetros básicos e de maior importância da preparação física no futebol corresponde à aptidão cardiovascular, que, por vezes, é definida como resistência aeróbica (Mackala *et al.*, 2019).

O Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) trata-se de uma estratégia que vem sendo utilizada com objetivo de aumentar a tolerância ao exercício, minimizando e/ou retardando a fadiga respiratória, o metaborreflexo e a concentração de lactato sanguíneo, com potencial efeito de melhora do desempenho atlético. Por sua vez, esse objetivo é alcançado através da hipertrofia do diafragma, aumento do fluxo sanguíneo nos músculos locomotores, redução da fadiga e dispneia, aumento da resistência e eficiência respiratória, além da otimização do controle neuromotor, mantendo a pressão pulmonar com menor impulso, evitando assim, o gasto energético exacerbado dos músculos respiratórios (Edwards; Cooke, 2004; McConnell, 2005; Archiza *et al.*, 2017; Salazar-Martínez *et al.*, 2017; Hartz *et al.*, 2018).

Essa técnica visa promover fortalecimento aos músculos envolvidos no processo respiratório, como o diafragma e os músculos intercostais. Geralmente, esse treinamento envolve respirações vigorosas e controladas, com a adição de cargas externas, utilizando equipamentos como o *Powerbreathe*®, visando aumentar a resistência durante a inspiração e a expiração, permitindo que os músculos respiratórios trabalhem de maneira mais intensa, a fim de fortalecê-los para aumentar o desempenho e resistência dos atletas (Hartz *et al.*, 2018; Barone, 2023).

Portanto, diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo analisar os benefícios do Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) sobre a fadiga respiratória e sua correlação com o desempenho esportivo em atletas de futebol por meio de uma revisão sistemática da literatura científica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Futebol

2.1.1 Conceito

O futebol é descrito como um esporte que sobrecarrega os sistemas energéticos por sua natureza intermitente de alta intensidade. Podendo ser relatado como um esporte aeróbico intervalado entre ações de alta velocidade e períodos de atividade de baixa ou moderada intensidade. Embora parte do tempo seja gasto caminhando ou correndo em baixa velocidade, os jogos são decididos em atos realizados nas intensidades mais altas (por exemplo, *sprints*, acelerações, desarmes, saltos, duelos, chutes a distância). O deslocamento total percorrido pode variar de 9.816 a 12.277 metros, sendo 681 a 881 metros percorridos em alta intensidade, e a velocidade máxima no decorrer das partidas pode atingir cerca de 31 km/hora (Abreu *et al.*, 2021; Chryssanthopoulos *et al.*, 2024).

As demandas gerais de uma partida de futebol podem variar significativamente quando analisamos a posição do jogador e o papel tático dentro da equipe. As distâncias comuns relatadas para jogadores de campo em nível de elite são entre 11 e 13 km por partida, com os meio-campistas centrais cobrindo as maiores distâncias e os zagueiros centrais cobrindo as menores. Entretanto, as distâncias percorridas em alta intensidade são as mais importantes, além disso, os jogadores também completam mais de 1.200 mudanças imprevisíveis na partida, compreendendo aproximadamente 700 voltas e 30-40 disparos e saltos, todos eles com exigências de cunho metabólico e mecânico (Chryssanthopoulos *et al.*, 2024).

O nível de competição também foi identificado como uma característica diferencial no desempenho físico durante o jogo. Os jogadores que competem em um nível mais alto percorrem uma maior distância total e, conseqüentemente, mais corridas em alta velocidade (28%) e *sprints* (58%) durante toda a partida (Chryssanthopoulos *et al.*, 2024).

Assim sendo, à medida que os jogadores se envolvem em provas de alta velocidade ao longo de toda a competição, é evidente a redução nas distâncias percorridas com intensidade mais elevada ao longo do tempo, destacando, portanto, a natureza fatigante do futebol durante toda a competição, além dos sinais claros de fadiga muscular que estão presentes após períodos intensos do jogo, caracterizados por períodos de redução da produção de potência (Chryssanthopoulos *et al.*, 2024).

2.1.2 Pré-temporada

Influenciar positivamente as características de desempenho físico dos jogadores no futebol torna-se um desafio devido às poucas oportunidades com a ocorrência regular de jogos durante a temporada, que pode durar de 7 a 9 meses, variando de acordo com o calendário da federação. Fato este que dificulta o trabalho de aumento do desempenho aeróbico e físico dos jogadores durante este período. Considerando essa dificuldade, o período da pré-temporada consiste na principal oportunidade de se trabalhar a prontidão para o jogo e a condição física, entretanto, esse período é relativamente curto, durando cerca de 6 a 7 semanas (Guy; Edwards; Deakin, 2014).

A pré-temporada torna-se elemento importante quanto à realização de treinamentos controlados, uma vez que durante a temporada existem viagens para os jogos, períodos de descanso pós-jogos decisivos e afins. Ainda se reportando à pré-temporada, os treinos tornam-se regulares e há diminuição de fatores externos que podem ofertar prejuízos ao atleta como as altas demandas de jogos, que podem ocasionar lesões e, considerando o período de férias, o afastamento da dieta regulamentar e do acompanhamento diário das equipes de Fisiologia, Nutrição e Fisioterapia. E em referência ao treinamento controlado, pode-se adicionar o Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) no contexto da preparação física dos atletas que, segundo os estudos, deve ser aplicado em duas sessões diárias manhã e tarde imediatamente após treinamento regular de futebol (Mackala *et al.*, 2019).

2.2 Desempenho dos atletas de futebol

2.2.1 Fisiologia respiratória em atletas de futebol

No decorrer do exercício, os músculos respiratórios estão sujeitos à fadiga, que limita a sua capacidade de trabalhar de forma potencializada, resultando em baixa oferta de oxigênio para os músculos em atividade. Portanto, faz-se importante considerar o trabalho dos músculos respiratórios no treinamento esportivo, incluindo o treinamento de jogadores de futebol (Mackala *et al.*, 2019).

Diversos estudos apontaram que o TMI diminuiu a fadiga da musculatura respiratória, reduzindo a concentração de lactato sanguíneo e a excitação simpática durante os exercícios. Segundo Ozmen e colaboradores (2017), estudos anteriores também apontaram que os efeitos do TMI aumentaram a força dos músculos respiratórios em triatletas competitivos e corredores de maratona, remadores, ciclistas competitivos e mergulhadores e alguns estudos apontaram que o

desempenho atlético aumentou após a realização deste tipo de treinamento. Apesar da importância do treinamento, ainda é possível perceber a escassez de estudos que investiguem os efeitos do TMI em jogadores de futebol (Ozmen *et al.*, 2017).

O Consumo Máximo de Oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$) corresponde a um índice amplamente utilizado para mensurar a aptidão aeróbica de atletas e pode ser determinado tanto em testes de laboratório quanto em campo. Alguns estudos apontam uma relação significativa entre o $\text{VO}_2\text{máx}$ e a distância percorrida durante uma partida (Ozmen *et al.*, 2017; Mackala *et al.*, 2019).

O $\text{VO}_2\text{máx}$ em jogadores de futebol do gênero masculino varia cerca de 50 a 75 mL/kg/min. Esses valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ mostram a importância da aptidão aeróbica para os atletas. O aumento da resistência aeróbica em jogadores desta modalidade melhora seu desempenho nas partidas ao aumentar a distância percorrida, nível de intensidade do trabalho, número de *sprints* e o nível de participações com a bola durante as partidas. O sistema cardiopulmonar deve fornecer uma quantidade adequada de oxigênio que seja suficiente para os músculos que estão em atividade, tornando possível um desempenho em alto nível de intensidade durante os 90 minutos de jogo (Ozmen *et al.*, 2017).

Os fatores fisiológicos que podem limitar o $\text{VO}_2\text{máx}$ incluem a capacidade de difusão pulmonar, o débito cardíaco máximo, a capacidade de transporte de oxigênio no sangue e as características dos músculos. Durante exercícios exaustivos de alta intensidade, pode ocorrer fadiga muscular tanto nos músculos respiratórios quanto nos músculos esqueléticos, o que pode limitar o desempenho físico. Durante atividades físicas extenuantes, o débito cardíaco deve suprir as elevadas demandas metabólicas dos músculos respiratórios e dos membros, sendo que os metaborreceptores localizados no diafragma desencadeiam respostas reflexas simpáticas reagindo ao acúmulo de metabólitos, como o ácido láctico. Há também um aumento no recrutamento dos músculos inspiratórios e expiratórios da caixa torácica (Ozmen *et al.*, 2017).

2.2.2 Metaborreflexo

O sistema respiratório tem como função primária manter uma ventilação alveolar adequada às necessidades metabólicas fisiológicas. Quando atividades físicas são realizadas durante longos períodos, o desempenho muscular respiratório reduz diante do aumento do trabalho respiratório e da consequente dispneia, contribuindo para a fadiga muscular respiratória e a redução do desempenho global.

Essa redução respiratória pode estar correlacionada com o mecanismo reflexo metabólico dos músculos respiratórios ou metaborreflexo, que é ativado pela fadiga dos mesmos através das vias aferentes III e IV, atingindo o nível supraespinhal iniciando uma resposta vasoconstritora simpática na musculatura periférica locomotora que estimula a fadiga muscular, além de acentuar a percepção de esforço contribuindo para uma limitação da resistência ao exercício. Desta forma, o fluxo sanguíneo é elevado nos músculos respiratórios, e, conseqüentemente, ocorre uma redução desse fluxo para a musculatura periférica utilizada na atividade física (Romer; Polkey, 2008; Hartz *et al.*, 2018).

Alguns eventos são descritos como precursores desse mecanismo que limita o desempenho físico. O desempenho muscular respiratório reduz durante exercícios com intensidade maior que 85% do $\text{VO}_2^{\text{máx}}$ respondendo ao incremento do trabalho respiratório, hipoxemia arterial induzida pelo exercício, fadiga muscular respiratória e dispnéia. Esses fatores surgem através do aumento no recrutamento da musculatura acessória inspiratória durante o exercício de alta intensidade com o objetivo de auxiliar o diafragma, à medida que a eficiência é reduzida devido ao aumento da intensidade do exercício. Este recrutamento resulta em uma assincronia respiratória, provocando uma ventilação ineficiente, o que promove uma baixa na perfusão do diafragma, elevando mais ainda a necessidade de exigências metabólicas e o fluxo sanguíneo para este grupo muscular. A junção desses fatores conduz à uma ativação sensorial do Sistema Nervoso Central (SNC) que, por sua vez, ativa o mecanismo metaborreflexo (Hartz *et al.*, 2018).

Durante elevados níveis de demandas cardíacas, ocorre, concomitantemente, um aumento do trabalho respiratório. Este é um importante determinante da condutância vascular dos membros em atividade durante o exercício. O aumento no desempenho dos músculos respiratórios pode estar responsável pela melhor eficiência ventilatória, maior resistência à fadiga inspiratória e redução da percepção do esforço periférico contribuindo, portanto, para uma diminuição na demanda metabólica por esta musculatura durante exercícios de alta intensidade (Hartz *et al.*, 2018).

Mediante o exposto, os resultados alcançados após o TMI mostraram potencial para prevenir, retardar ou minimizar a ativação do mecanismo metaborreflexo. Esses benefícios, por sua vez, favoreceram um tempo maior de exposição ao exercício global específico, demonstrando, desta forma, que há

possibilidade de que um melhor condicionamento físico dos músculos respiratórios pode ter influência positiva na eficiência ventilatória durante o treinamento específico dos participantes dos estudos avaliados (Hartz *et al.*, 2018).

2.3 Treinamento Muscular Inspiratório

2.3.1 Fisiologia da respiração

A função primária do pulmão consiste em promover o intercâmbio gasoso, permitindo que o oxigênio seja transportado até o sangue venoso e que o dióxido de carbono faça o movimento oposto. O pulmão também realiza outras funções, como a metabolização de alguns compostos, filtragem de materiais indesejados da circulação e age como um reservatório para o sangue (West, 2013).

O oxigênio e o dióxido de carbono movem-se entre o ar e o sangue por difusão simples, ou seja, de uma área de pressão parcial alta para outra de pressão parcial baixa. A lei de Fick (da difusão) atesta que a quantidade de gás que se move através de uma lâmina de tecido é proporcional à área dessa lâmina, mas inversa à sua espessura. A membrana alvéolo-capilar é muito delgada, entretanto, é bem capacitada para a sua função de troca gasosa (West, 2013).

As vias aéreas consistem em uma série de tubos ramificados que, quanto mais se aprofundam no parênquima pulmonar, tornam-se mais estreitos, curtos e numerosos. A traqueia é dividida em brônquio fonte direito e brônquio fonte esquerdo, os quais, por sua vez, são divididos em brônquios lobares, e, após, em brônquios segmentares. Esse processo continua até os bronquíolos terminais, que são as menores vias aéreas sem alvéolos. Todos esses brônquios formam os ductos condutores e seu encargo fundamenta-se em transportar o gás inspirado para as regiões pulmonares de troca gasosa (West, 2013).

Os bronquíolos terminais são divididos em diversos bronquíolos respiratórios, os quais ocasionalmente dispõem de alvéolos nas suas paredes, e, por último, tem-se os ductos alveolares, que são inteiramente recobertos por alvéolos, essa região alveolar, onde ocorre a troca gasosa é conhecida como zona respiratória. A região pulmonar distal juntamente com os bronquíolos terminais compõe uma unidade anatômica chamada ácino. A distância dos bronquíolos terminais aos alvéolos mais distais é de poucos milímetros, entretanto, a zona respiratória faz-se presente na maior parte do pulmão, com um volume entre 2,5 e 3 litros em repouso (West, 2013).

2.3.2 Aplicação da técnica

O Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) visa fortalecer os músculos respiratórios através de respirações vigorosas e controladas, com adição de cargas externas geralmente utilizando equipamentos como *Powerbreathe®*, ou, como utilizado por Mackala e colaboradores (2019) em seu estudo, o dispositivo portátil *Threshold®IMT (Philips)* (Guy; Edwards; Deakin, 2014; Mackala *et al.*, 2019).

Os participantes dos estudos receberam treinamento prévio sobre o funcionamento e a utilização dos equipamentos. Os protocolos de treinamento como duração, cargas, sessões, séries e repetições - foram preconizados por cada autor variando entre 1 a 12 semanas (1, 6, 8 e 12 semanas) de duração, com cargas entre 40 a 80% da P_{Imáx} do paciente, aferida previamente através de um espirômetro ou manuvacuômetro, de 5 a 7 vezes por semana (sendo realizadas na residência do paciente), duas vezes ao dia, com 1 ou 3 séries de inspirações máximas durante um minuto ou 12 a 30 repetições (Guy; Edwards; Deakin, 2014; Hartz *et al.*, 2018; Mackala *et al.*, 2019; Barone, 2023).

O treinamento ocorreu com os atletas na posição de sedestação, com as cargas individuais adequadamente selecionada de acordo com o resultado obtido através do espirômetro ou manuvacuômetro, os jogadores utilizaram um clipe nasal e seguraram o bocal do aparelho com os lábios. Após isso, os participantes realizaram inspirações rápidas e energéticas e expirações lentas e silenciosas. A cada jogador foi entregue e solicitado preencher um diário de treinamento com a carga alcançada em cada sessão para controle do TMI ao longo dos estudos (Guy; Edwards; Deakin, 2014; Hartz *et al.*, 2018; Mackala *et al.*, 2019; Barone, 2023).

3 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de revisão, período da pesquisa, restrição linguística e temporal

Este estudo consistiu em uma revisão sistemática de literatura científica. Foram coletados artigos científicos sem restrição linguística e temporal, sendo esta pesquisa realizada durante o período de 12 de agosto de 2023 a 13 de março de 2024.

3.2 Bases de dados, descritores e estratégia de busca

A pesquisa foi realizada através das bases de dados eletrônica Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *United States National Library of Medicine* (PubMed) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), através da consulta pelos seguintes descritores: “treinamento muscular inspiratório” (*inspiratory muscle training*), “exercícios respiratórios” (*breathing exercises*), “desempenho atlético” (*athletic performance*), “fadiga” (*fatigue*) e “futebol” (*soccer*) junto de suas combinações, conforme as estratégias de busca descritas no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Estratégia de busca

Base de dados	Estratégia de busca
PubMed	<i>(breathing exercises) AND (soccer) AND (athletic performance)</i>
BVS	<i>(breathing exercises) AND (soccer) AND (athletic performance)</i>
PEDro	<i>(inspiratory muscle training)*(soccer)*(fatigue)*(athletic performance)</i>

Fonte: autoria própria.

3.3 Realização das buscas e seleção dos estudos

Os artigos identificados pela estratégia de busca foram avaliados de forma independente, por três pesquisadores, obedecendo rigorosamente aos critérios de inclusão que consistiram em ensaios clínicos que abordaram sobre os efeitos do Treinamento Muscular Inspiratório em atletas de futebol masculino. Foram excluídos os estudos que abordaram a respeito de outras modalidades esportivas.

Os resultados contidos nos artigos foram analisados e comparados com relação aos benefícios adquiridos pelo Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) com objetivo de aumentar o desempenho e reduzir a fadiga dos atletas de futebol.

3.4 Critérios de elegibilidade (PICOT)

Seguindo o método PICOT (População, Intervenção, Controle, Desfechos - *Outcomes* - e Tipo de Estudos), foram considerados como critérios de elegibilidade para o presente estudo ensaios clínicos que discorreram sobre atletas de futebol que realizaram Treinamento Muscular Inspiratório evidenciando resultados como redução da fadiga e consequente aumento do desempenho dos atletas, sem obrigatoriedade de grupo controle, conforme está elucidado no **Quadro 2**.

Quadro 2 – Critérios de elegibilidade: PICOT

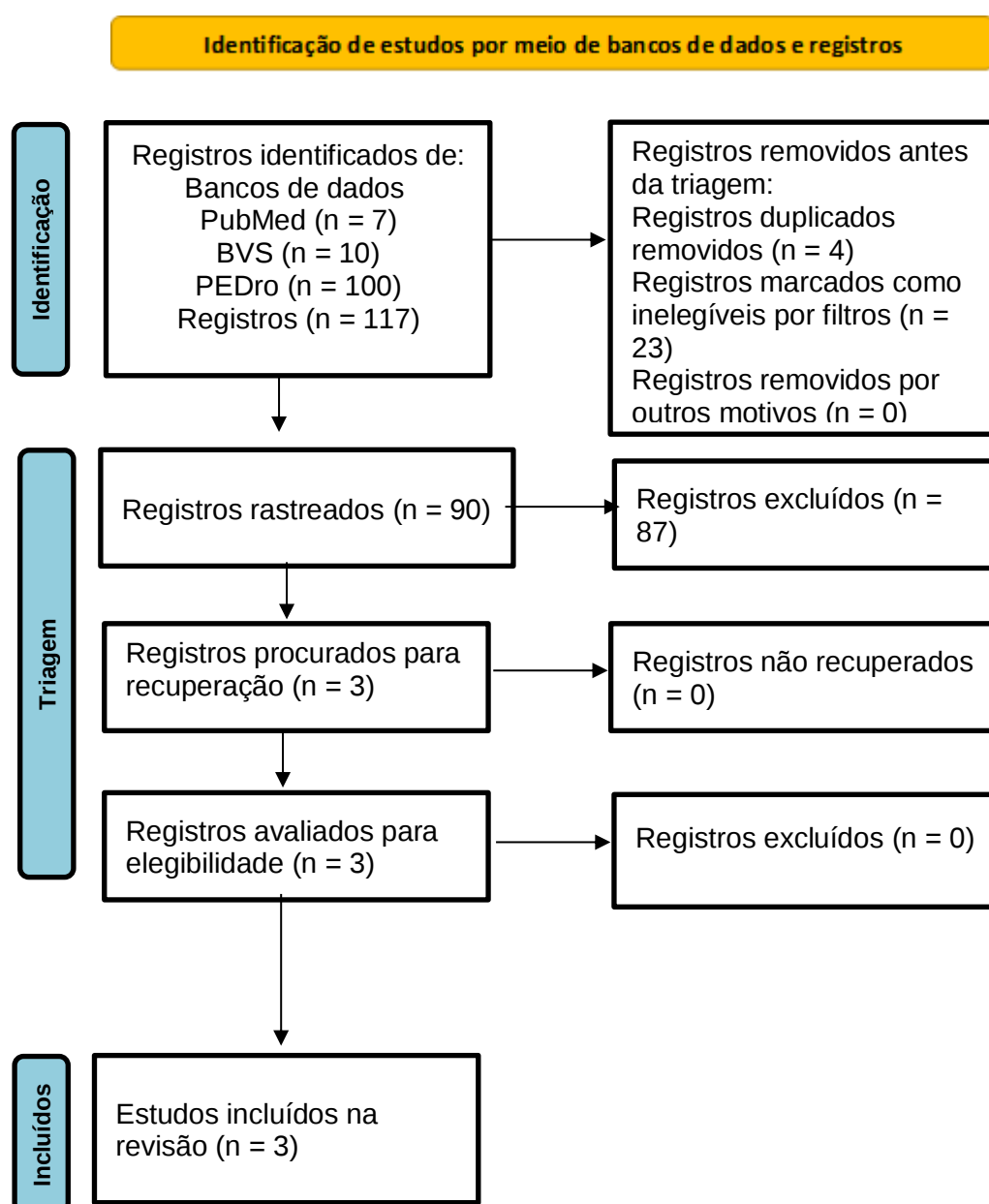
Critérios	Inclusão	Exclusão
P (população)	Atletas de futebol masculino	Outras modalidades esportivas
I (Intervenção)	Treinamento Muscular Inspiratório	-
C (controle)	Sem grupo controle	-
O (desfechos)	Redução da fadiga e aumento do desempenho atlético	-
T (tipo de estudo)	Ensaios clínicos	-

Fonte: autoria própria.

4 RESULTADOS

Foram identificados 117 artigos nas bases de dados eletrônicas utilizadas, sendo removidos 23 através do filtro de ensaios clínicos, sendo 4 por duplicidade, restando, portanto, 90 artigos para seleção, dos quais, após a leitura de títulos, foram descartados 87 artigos por não se encaixarem nos critérios de inclusão da presente pesquisa, de modo que a amostra final foi composta por 3 artigos apenas, inseridos na margem temporal entre 2014 a 2019, conforme fluxograma de seleção exposto na **Figura 1**.

Figura 1 - Seleção de artigos, de acordo com a recomendação PRISMA (2020)



Sobre a análise referente à amostra dos estudos selecionados para esta revisão, foram reunidas informações relevantes como objetivo, população, grupos e amostras, tratamento, duração, desfechos e resultados, informações estas que foram submetidas à síntese descritiva com confecção de quadro de sumarização amostral apresentado nos resultados.

Quadro 3 – Características dos estudos incluídos

Autor (data)	Tipo de estudo	Objetivo	População	Grupos e amostras	Tratamento do grupo controle	Tratamento do grupo intervenção	Tempo, duração, frequência
Guy; Edwards; Deakin (2014)	Ensaio clínico randomizado	Avaliar se a inclusão do (TMI) no programa de preparação pré-temporada para jogadores de futebol recreativo contribui para o aumento da capacidade de suportar exercícios de alta intensidade e para maximizar os resultados de desempenho, mantendo uma frequência de treinamento de duas vezes por semana.	Jogadores de futebol recreativos (idade média de 23,9 anos)	O estudo separou 24 jogadores recreativos de um mesmo clube em grupo controle, experimental, e grupo placebo.	Grupo Controle (CON) não realizou TMI	Grupo experimental e grupo placebo realizaram TMI. (55% e 15% do esforço máximo)	Um programa de pré-temporada durante 6 semanas, 2x sessões semanais realizando 30 inspirações pela manhã e noite.
Ozmen <i>et al.</i> (2017)	Ensaio clínico randomizado	Investigar o efeito do Treinamento Muscular Respiratório (TMR) sobre a função pulmonar e a resistência aeróbica em jogadores de futebol.	Jogadores de futebol (média de 22,2 anos)	Estudo controlado avaliou 18 jogadores de futebol do sexo masculino.	Grupo Controle (GC) não realizou TMR	Grupo intervenção realizou TMR. (60% do VVM)	2 vezes por semana durante 5 semanas, realizando 15 minutos de TMR.
Mackala <i>et al.</i> (2019)	Ensaio clínico randomizado	Determinar se a adição de oito semanas de TMI a um programa regular de treinamento pré-temporada de futebol, incluindo o Treinamento de Resistência Incremental (TRI), alteraria a função pulmonar, a ventilação pulmonar e o desempenho aeróbio em jovens jogadores de futebol.	Jogadores de futebol júnior (idade média 17,63)	Dezesseis jogadores de futebol júnior, divididos aleatoriamente em dois grupos de 8 participantes	Grupo Controle realizou apenas TRI	Grupo experimental realizou TRI e TMI com 40% da P _{lmáx} na primeira semana aumentando gradualmente para 75% na 8ª semana	8 semanas de TMI, duas vezes ao dia, 5 vezes na semana, com 5 repetições na primeira semana, finalizando com 15 repetições na oitava semana (uma repetição equivale a um minuto, com 45s de treinamento e 15s de descanso)

Fonte: autoria própria. CON: grupo controle

Quadro 4 – Resultados dos estudos incluídos

Autor (data)	Desfechos	Métodos de avaliação	Resultados	Informações estatísticas
Guy; Edwards; Deakin (2014)	O TMI foi eficiente para o ganho de resistência de atividade física e manutenção do baixo lactato sanguíneo.	O teste de CVF, VEF1, Plmáx, foram realizados através do dispositivo <i>Powerbreathe®</i> . Os participantes realizaram um aquecimento de 5 minutos de corrida constante e em seguida realizaram o teste de corrida ida e volta em uma pista de 20 m.	Os atletas do grupo experimental melhoraram significativamente na Plmáx ao longo do período de 6 semanas, enquanto o grupo placebo demonstrou tendência não significativa de melhora na Plmáx. O grupo controle não apresentou alterações.	Os dados foram analisados através do <i>software</i> SPSS v.19 para <i>windows</i> . O teste de <i>Tukey</i> foi utilizado para comparações pós-teste.
Ozmen et al. (2017)	Houve uma melhora significativa no grupo TMR (14%) em comparação ao grupo controle (4%) na medição da Plmáx. Mas os parâmetros de CVF, VEF1, VVM, PEmáx e resistência aeróbica não evidenciaram melhora em jogadores de futebol.	Os testes de CVF, VEF1, VVM, Plmáx e PEmáx foram realizados através do dispositivo <i>Pony FX</i> (espirômetro). Todos os participantes realizaram o teste de corrida de 20 metros para avaliar a resistência aeróbica.	Os atletas do grupo TMR apresentaram aumento significativo na Plmáx ($p=0,04$; 14%), não houveram diferenças significativas na CVF, VEF1, VVM e PEmáx após 5 semanas de TMR.	Os dados foram analisados através do <i>software</i> SPSS v.16.0 para <i>windows</i> . O teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i> verificou a normalidade dos dados.
Mackala et al. (2019)	Oito semanas de TMI tiveram impacto positivo nesses atletas, o aumento da eficiência dos músculos inspiratórios contribuiu para melhora no desempenho de resistência aeróbica.	Os testes de CV, CVF, VEF1 e PFE, foram avaliados pelo dispositivo espirômetro (<i>Flowscreen; Jaeger</i>). Todos os jogadores realizaram juntos o teste de cooper em uma pista de 400m.	Foram observadas diferenças entre os grupos para Plmáx e PEmáx após 8 semanas. Houveram alterações significativas de aumento no CVF e VEF1 no grupo TMI e apenas aumento significativo de VEF1 no grupo controle.	Os dados foram analisados através da metodologia ANOVA, o teste de post hoc verificou a normalidade dos dados.

Fonte: autoria própria. CVF: Capacidade Vital Forçada, PEmáx: Pressão Expiratória Máxima, Plmáx: Pressão Inspiratória Máxima, PFE: Pico de Fluxo Expiratório, VEF1: Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo, VVM: Ventilação Voluntária Máxima.

Esta pesquisa foi composta por 3 estudos categorizados como ensaios clínicos randomizados, totalizando 58 jogadores, com idade média de 21,24 anos, divididos em grupo placebo, grupo controle e grupo experimental. As variáveis analisadas nesses estudos corresponderam a CVF, VEF1 e P_{lmáx}. O protocolo utilizando o TMI baseou-se em uma média de 3 sessões semanais, com duração média de 20 minutos, sendo 2 o quantitativo médio de sessões por dia em 6 semanas. Os equipamentos utilizados pelos pesquisadores corresponderam ao *Powerbreathe*®, *SpiroTiger*® e o *Threshold*®IMT (*Philips*) com média de 63% dos parâmetros determinados pela metodologia de cada estudo, como verificado no quadro 3.

Mediante essa visão inicial consoante à caracterização amostral e intervencionista dos estudos selecionados, segue-se um breve compilado dos mesmos.

O estudo de Guy, Edwards e Deakin (2014) preconizou que 6 semanas de TMI utilizando 55% da P_{lmáx} através do dispositivo *Powerbreathe*® foi capaz de proporcionar um aumento em 15% na P_{lmáx} dos 12 participantes do grupo experimental. O grupo experimental também demonstrou um aumento de 12% em relação à distância percorrida nos testes de avaliações e treinamentos do clube colaborador do estudo, devido à redução da percepção de fadiga respiratória obtida pela melhoria da força muscular respiratória.

Por fim, foi observado que o grupo experimental obteve uma atenuação na concentração do lactato sanguíneo pós-testes específicos sem correlação com o aumento do desempenho dos atletas. Isso demonstra que uma melhor aptidão muscular respiratória corrobora para a depuração do lactato sanguíneo contribuindo, portanto, para sua redução, podendo este fato ser significativo para o aumento do desempenho atlético no futebol, reforçando a utilidade do TMI para esta modalidade que exige uma aptidão cardiorrespiratória satisfatória.

De acordo com Ozmen e colaboradores (2017), o treinamento dos músculos respiratórios realizado duas vezes por semana durante 15 minutos ao longo de 5 semanas utilizando o aparelho *SpiroTiger*® foi suficiente para evidenciar uma melhora de 14% para o grupo que utilizou o Treinamento Muscular Respiratório (TMR) (grupo experimental) em comparação ao grupo controle para medição da P_{lmáx}. Entretanto, não houve uma melhora significativa para o teste de 20 metros em relação ao grupo experimental comparado ao grupo controle. Variáveis como a PEmáx, VEF1, CVF, VVM e VO₂máx também foram avaliadas nos testes, onde a

PE_{máx} e a CVF apresentaram diferença dentre os grupos, porém, não demonstraram relevância significativa para o estudo.

O Treinamento Muscular Respiratório (TMR), mencionado no estudo de Ozmen e colaboradores (2017), trata-se técnica que utiliza as vertentes do Treinamento Muscular Inspiratório e do Treinamento Muscular Expiratório, trabalhando o fortalecimento tanto da cadeia muscular da inspiração (Intercostais Externos e Diafragma) quanto da cadeia muscular da expiração (Intercostais Internos e Reto abdominal), através do aparelho *SpiroTiger*®, visando uma melhor efetividade no intercâmbio gasoso.

O dispositivo *SpiroTiger*® consiste em um tubo conectado a um balão de silicone situado em um bocal na angulação de 90°, existindo uma porta lateral contendo uma abertura que permite a inspiração e expiração de ar fresco, esta porta lateral, por sua vez, também contém uma válvula de pistão. Durante o treinamento, o paciente segura o dispositivo pela alça, contendo componentes eletrônicos de monitoramento e um pequeno display, durante a expiração do paciente pelo bocal, o balão respiratório é preenchido com ar expirado, caracterizado por elevadas concentrações de dióxido de carbono. Quando a bolsa é preenchida, a válvula abre e permite que o restante do ar expirado seja expelido para o ambiente, a válvula fecha quando a expiração termina e a inspiração começa. Durante a inspiração, o balão respiratório é primeiro esvaziado completamente e, em seguida, a válvula lateral se abre, fornecendo ar fresco do ambiente, e o dispositivo fornece ao paciente feedback auditivo e visual.

Mackala e colaboradores (2019) mostraram em seu estudo que em oito semanas de protocolo com o TMI utilizando o aparelho *Threshold*®IMT (*Philips*), obtiveram impacto positivo na força muscular inspiratória (PI_{máx} - 62,8%) e expiratória (PE_{máx} - 100%) nos jogadores de futebol. O grupo experimental apresentou ainda um aumento de 5,06% no teste de corrida, que se traduziu numa melhoria de 150,30 m. Também foi evidenciado que o aumento da eficiência dos músculos inspiratórios contribuiu para melhora no desempenho de resistência aeróbica, medido pelo VO₂_{máx} avaliado a partir da distância percorrida alcançada no teste cardiorrespiratório de Cooper, no qual os jogadores apresentaram um aumento de 6%.

Esta melhora foi corroborada pelo Treinamento de Resistência Incremental (TRI) realizado pelos atletas avaliados no estudo, e, de forma isolada (sem inclusão

do TMI) no grupo controle, trata-se de um recurso periódico, treinamento de corrida de resistência que visa aumentar o vigor dos atletas. O protocolo baseou-se em quatro semanas de TRI, através de corrida constante de 6km com ritmo de passada de 10-15 x 100m (65–70% da intensidade máxima), realizado ao final do treinamento futebolístico, uma vez por semana. Aos jogadores foram solicitados iniciar a corrida com ritmo de 5,30 min/km, finalizando a quarta semana com ritmo de 5,0 min/km. Perante a corrida de resistência, a frequência cardíaca dos jogadores não deve ultrapassar 135-140bpm, o que caracteriza uma manifestação típica de desempenho aeróbico.

Posteriormente às quatro semanas, os participantes foram submetidos ao treinamento com corrida constante de 2km com progressão ao treinamento intervalado submáximo, considerado treinamento de resistência aeróbica, que consistiu em três séries, de cinco repetições da corrida de 200m com intensidade máxima de 75-80%. O incremento da taxa de trabalho passou de 45 segundos para 200m na semana cinco para 38 segundos por 200m na semana oito. A frequência cardíaca foi monitorada a cada corrida de 200m, onde a meta inicial foi 150bpm e meta final 165bpm. As corridas foram realizadas em duplas do mesmo grupo e definidas pelo treinador de acordo com a capacidade de corrida de cada atleta.

Apesar de o grupo controle ter realizado apenas o TRI, foram conquistadas melhoras estatisticamente significativas demonstradas pelo aumento de 2,1% na distância percorrida no teste, caracterizando um aumento de 77,50m na distância final e melhora do $VO_2^{máx}$ pós-corrida em 2,5%, além de melhorias no desempenho cardiorrespiratório.

5 DISCUSSÃO

A análise detalhada dos estudos dedicados ao tema do treinamento muscular respiratório revelou um cenário promissor no contexto do desempenho esportivo, especialmente em atletas de futebol. Os mesmos demonstraram, de forma consistente, que o Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) pode contribuir significativamente para a melhoria da redução do lactato sanguíneo e tolerância ao exercício resistido. Além disso, evidências sugerem que o aprimoramento da função respiratória pode resultar em melhorias consideráveis no desempenho desses atletas durante as partidas.

A partir dos dados levantados, foi possível observar que ainda não há um consenso na literatura científica consoante à utilização do TMI na modalidade esportiva do futebol masculino visando benefícios sobre a fadiga respiratória e sua correlação com o desempenho esportivo nesses atletas. Diante deste cenário, os estudos selecionados para a composição deste trabalho, constituindo ensaios clínicos randomizados, apontaram resultados divergentes relacionados aos desfechos no que tange ao ganho de resistência de atividade física e à fadiga respiratória nesse público.

Os estudos de Ozmen e colaboradores (2017) e Mackala e colaboradores (2019), quando comparados, cada um com cinco e oito semanas de treinamento respectivamente, evidenciaram que após as cinco semanas de TMI obteve-se um aumento de 14% de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, porém, dentro de oito semanas obtiveram um aumento de 62,8%. Este aumento também pode ser categorizado mediante comparação entre variáveis como tempo e frequência de realização no período proposto pelos estudos, onde Mackala e colaboradores (2019) realizaram um treinamento mais intenso com oito semanas de duração, cinco vezes na semana, duas vezes ao dia, com cinco repetições na primeira semana, finalizando com quinze repetições na oitava semana durante o protocolo estabelecido pelos referidos autores.

Sendo corroborado por Guy, Edwards e Deakin (2014), os quais informaram que a inclusão do TMI pode facilitar maiores adaptações aos estímulos de treinamento, aumentando a resistência ao exercício de alta intensidade, contudo, igualmente, adicionar maior frequência de treinamento pode evidenciar uma significativa probabilidade de promover benefícios. Sendo recomendado um aumento agressivo da intensidade, elevando de 40% na primeira semana para 75% na oitava semana como demonstrado também no estudo de Mackala e

colaboradores (2019). Assim sendo, garantindo que a carga de treinamento adequada (acima de 55% da $PI_{máx}$) demonstrada por Guy, Edwards e Deakin (2014) esteja presente, visando alcançar o benefício ideal do TMI caracterizado pelo fortalecimento da musculatura inspiratória melhorando, assim, o intercâmbio gasoso.

O TMI realizado tanto de forma isolada como no estudo de Ozmen e colaboradores (2017), como em conjunto com exercícios aeróbicos visto no estudo de Mackala e colaboradores (2019) demonstrou ter efeitos positivos mediante essas possibilidades, principalmente quando se considera a $PI_{máx}$, onde foram constatadas melhorias significativas, apesar de cargas baixas ou curta duração (Guy; Edwards; Deakin, 2014). Entretanto, o estudo de Mackala e colaboradores (2019) forneceu evidências de melhorias no desempenho resistivo no futebol competitivo quando o TMI é realizado concomitante a um treinamento programado (periodizado), focado no aumento da resistência geral e específica.

A realização do Treinamento de Resistência Incremental (TRI) no estudo de Mackala e colaboradores (2019) evidenciou que um aumento da capacidade aeróbica pode ser alcançado com o treinamento físico isolado, onde o grupo controle obteve um aumento da $PI_{máx}$ (17,31%) com a realização de treinos de corrida de resistência e treinos de corrida intervalada durante as oito semanas previstas no estudo, porém, quando foram associados o TMI ao TRI, os resultados demonstram-se elevados para a $PI_{máx}$ (62,8%) e $PE_{máx}$ (100%) do grupo experimental, o que direciona uma maior visibilidade a essa associação que se demonstra benéfica para os atletas em questão.

No estudo de Ozmen e colaboradores (2017), observou-se uma população avaliada composta por dezoito jogadores de futebol profissional, sexo masculino, com média etária de 22,2 anos. Já no estudo de Mackala e colaboradores (2019) a população avaliada foi composta por dezesseis jogadores de futebol júnior, sexo masculino, com média etária de 17,6 anos. Enquanto no estudo de Guy; Edwards e Deakin (2014), a população avaliada foi integrada por vinte e quatro jogadores de futebol recreativos, sexo masculino, com média etária de 23,9 anos.

Diante do exposto, foi possível verificar que as populações avaliadas diferem entre si, podendo haver interferências diretas nos resultados dos estudos, uma vez que é importante considerar que atletas de futebol profissional e atletas na modalidade júnior no geral têm um destacado nível de dedicação e cuidado com seu corpo, haja vista que se trata da sua ferramenta de trabalho, porém, os atletas

recreativos podem ou não esboçar o mesmo padrão de dedicação, uma vez que eles não necessariamente têm o futebol como profissão ou almejam como propósito.

Nesse sentido, os atletas recreativos que realizaram o TMI ao longo de seis semanas obtiveram resultados idênticos aos de jogadores profissionais (14% de aumento da PImáx), os quais realizaram o treinamento com apenas cinco semanas de duração, em contrapartida, os jogadores de futebol na modalidade júnior, os quais realizaram o TMI durante oito semanas de duração de intervenção, evidenciaram resultados superiores em relação à PImáx (62,8%), PEmáx (100%), VEF1 (10,57%) e CVF (7,89%).

De acordo com Mackala e colaboradores (2019), as diferenças nos resultados podem ser devido a diversos fatores, como o equipamento utilizado para realização do treinamento muscular respiratório, diferenças nos parâmetros de treinamento, diferenças para aplicação da carga (frequência, volume, duração e intensidade), heterogeneidade e um número pequeno de participantes.

Ozmen e colaboradores (2017) apresentaram limitações relacionadas ao tempo de duração do treinamento, o qual teve de ser encerrado por motivos não especificados no estudo. Além disso, o fato de não haver um grupo placebo, ou simulação de treinamento também foi apresentado como fator limitante do estudo, porém, não foi especificado o motivo para não haver ambas as comparações.

O estudo supracitado realizou o Treinamento Muscular Respiratório (TMR), entretanto, mesmo utilizando um aparelho multivalente, não obtiveram ganhos significativos consoantes à PEmáx, contudo, o estudo de Mackala e colaboradores (2019) que utilizou um aparelho de TMI exclusivamente, obteve aumento da PEmáx (100%). Isto acontece pelo fato da impossibilidade em trabalhar a musculatura inspiratória isolada, uma vez que o ciclo respiratório é constituído pela inspiração e expiração, e os ganhos da inspiração geram reflexos nos ganhos da expiração.

Por outro lado, o estudo de Ozmen e colaboradores (2017) não obteve ganhos significativos consoante à PEmáx, ainda que tenha utilizado treinamento das musculaturas inspiratória e expiratória, isto demonstra que as cinco semanas de treinamento realizadas no estudo não foram suficientes para o fortalecimento da musculatura expiratória, ou a carga utilizada não foi suficiente para comprovar ganhos mais expressivos.

Mackala e colaboradores (2019) afirmaram que os parâmetros de função pulmonar obtiveram baixa melhora com o TMI de oito semanas. Isso pode ser

justificado, pois, durante a avaliação inicial dos atletas, os mesmos já estavam próximos ao seu limite fisiológico. Os valores iniciais dos principais parâmetros de ventilação pulmonar como capacidade vital (CV) e pico de fluxo expiratório (PFE) estavam acima de 100% do nível normal.

Guy, Edwards e Deakin (2014) estabeleceram que seis semanas de TMI associado ao treinamento de futebol, realizado duas vezes por semana, melhoraram a tolerância ao exercício detectada através de teste de corrida, contudo, não resultaram em mudanças substanciais para variáveis de desempenho físico específicas do esporte como aumento do número de *sprints* e nível de intensidade do trabalho. Ainda houve redução significativa na concentração do lactato sanguíneo.

Ainda em consonância com esses autores, é evidente que um treinamento duas vezes por semana torna-se um estímulo insuficiente para afetar positivamente os índices de aptidão, porém, esta carga foi preconizada pela comissão técnica do clube, assim como as atividades físicas desempenhadas pelos atletas como jogos reduzidos (3x3, 6x6) e treinamento de corrida intervalada de 20m com e sem bola, o que se apresentou como limitação do estudo. Preconizava-se que a inclusão do TMI pudesse levar a resultados maiores dos quais foram alcançados, como ganhos significativos na distância do Teste de Aptidão Máxima em Vários Estágios (*Maximal Multistage Fitness Test* - MSFT) coberta e atenuada pela redução do lactato sanguíneo após Teste de Aptidão Específico para Futebol (*Soccer-Specific Fitness Test* – SSFT).

Ainda segundo Guy, Edwards e Deakin (2014), há possibilidade de que melhorias na complacência pulmonar e da parede torácica sejam uma das consequências do TMI, o que ocasiona redução do desconforto respiratório e percepções de esforço em altas cargas ventilatórias, amplificando assim a resistência à fadiga. Mackala e colaboradores (2019) relataram que o TMI reprimiu a dispneia ao restringir o fluxo de certo nível de ventilação minuto. Por conseguinte, o treinamento muscular respiratório reduziu a pressão percebida nos músculos respiratórios.

Porém, de acordo com Mackala e colaboradores (2019), ainda não é possível explicar o mecanismo de melhora no desempenho físico; apesar de ser comprovada a melhora do desempenho de resistência, os mecanismos contíguos a esta melhora persistem incógnitos. Uma melhora na $P_{lm\acute{a}x}$ não explica necessariamente um

melhor desempenho atlético. Contudo, a melhoria da função muscular respiratória através da aplicação do TMI pode ter impacto em outras variáveis que contribuem para a melhoria do desempenho. Há possibilidade de que o TMI modifique a mecânica da respiração e readéque o consumo de oxigênio, frequência cardíaca, ventilação, concentração de lactato sanguíneo e resposta perceptiva no decorrer de uma carga de treinamento contínuo. Descobertas estas que podem ocasionar uma melhora na economia respiratória e, por conseguinte, ao treino de corrida de resistência.

Por fim, Guy, Edwards e Deakin (2014) recomendaram que os princípios de contração muscular, como amplitude de movimento e velocidade dos protocolos do TMI, precisam corresponder às exigências do esporte específico e afirmaram que o TMI é mais indicado para esportes com limiar ventilatório alto, sendo o futebol um deles. Ainda se postulou que o TMI causa uma modificação da função muscular respiratória afetando a depuração de lactato, contribuindo, portanto, para diminuí-lo, ou pode-se considerar que há um aumento no conteúdo da proteína de transporte oxidativo e/ou monocarboxilato dos músculos inspiratórios. Isto pode ser importante para o desempenho esportivo, tendo em vista que os jogadores realizam a partida cientes de que precisam correr em direção à bola em todo momento do jogo. Portanto, o lactato sanguíneo reduzido pós-teste revela certo nível de benefício do TMI no tocante ao desempenho no futebol.

Dessa forma, não se pode afirmar categoricamente que o TMI potencializa o desempenho atlético, uma vez que essa informação ainda não está segura e consolidadamente comprovada no meio acadêmico, este fato ainda está em investigação. Logo, tendo em vista esta realidade, os autores sugerem que esse tipo de treinamento pode ofertar melhorias na performance atlética dos jogadores de futebol, mas com reservas.

Em suma, os estudos mencionados anteriormente ofertaram contribuições valiosas no tocante ao conhecimento acerca do TMI e seus efeitos sobre o sistema respiratório e, por extensão, sobre o desempenho esportivo nos atletas de futebol masculino, entretanto, apesar de alguns estudos apresentarem efeitos benéficos, é importante ressaltar que as evidências científicas sobre sua eficácia nos desfechos analisados nesse público ainda se mostram limitadas e, porque não mencionar, incipientes, necessitando de maiores investigações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, foi verificado que o TMI melhora significativamente a P_{lmáx} dos atletas de futebol masculino, havendo, conseqüentemente, redução de fadiga respiratória, entretanto, ainda não há evidências consistentes que comprovem a melhora significativa referente ao desempenho atlético.

Mediante algumas limitações ponderadas nos estudos que embasaram a construção deste trabalho, reitera-se a importância de salientar que estudos futuros devem considerar algumas perspectivas importantes, como, por exemplo, um maior período de intervenção, sendo ideal a associação do TMI aos treinos durante a temporada, pois, como verificado nos estudos selecionados para a confecção desta pesquisa, foi possível observar que este tipo de treinamento associado ao exercício perfaz um procedimento detentor de mais eficácia, fato este que pode contribuir para amplificar, de maneira mais sólida e consistente, o seu nível de evidência no cenário acadêmico-científico, um maior quantitativo da amostragem, bem como selecionar amostras mais homogêneas em parâmetros de idades e de categorias (atletas recreativos, profissionais).

Nessa conjuntura, ainda foi possível observar uma escassez na literatura científica para comprovação da eficácia do TMI no desempenho de atletas de futebol masculino, e, em virtude desta realidade, recomenda-se o incentivo de investigações inéditas nesta área com maior rigor metodológico e de protocolos de intervenção, com o precípuo escopo de conferir maior visibilidade acadêmico-científica à temática em pauta, com o intuito, por extensão, de expandir os horizontes para difundir e consolidar o TMI como mais uma ferramenta profícua aliada ao contexto do futebol, com o propósito de facilitar a adesão deste tipo de treinamento aos clubes esportivos, revelando-se como um cenário potencialmente promissor na conjuntura do desempenho esportivo dos atletas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. *et al.* Portuguese Football Federation consensus statement 2020: nutrition and performance in football. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 7, n. 3, p. e001082, 1 ago. 2021.
- ARCHIZA, B. *et al.* Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 7, p. 771–780, 16 jun. 2017.
- BARONE, J. L. Os efeitos do treino muscular respiratório em atletas de jiu-jitsu. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - **Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências**. p. 24, Marília, 23 jan. 2023.
- COSTAS CHRYSSANTHOPOULOS *et al.* Dietary Intake of Soccer Players before, during and after an Official Game: Influence of Competition Level and Playing Position. **Nutrients**, v. 16, n. 3, p. 337–337, 23 jan. 2024.
- EDWARDS, A. M.; COOKE, C. B. Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 1-2, p. 139–144, 19 ago. 2004.
- GUY, J. H.; EDWARDS, A. M.; DEAKIN, G. B. Inspiratory Muscle Training Improves Exercise Tolerance in Recreational Soccer Players Without Concomitant Gain in Soccer-Specific Fitness. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 2, p. 483–491, fev. 2014.
- HARTZ, C. S. *et al.* Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. **Journal of Human Kinetics**, v. 63, n. 1, p. 43–51, 24 set. 2018.
- MACKALA, K. *et al.* The Effect of Respiratory Muscle Training on the Pulmonary Function, Lung Ventilation, and Endurance Performance of Young Soccer Players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 1, p. 234, 28 dez. 2019.
- MCCONNELL, A. K. The role of inspiratory muscle function and training in the genesis of dyspnoea in asthma and COPD. **Primary Care Respiratory Journal**, v. 14, n. 4, p. 186–194, 1 ago. 2005.

OZMEN, T. *et al.* Effect of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 5, abr. 2017.

ROMER, L. M.; POLKEY, M. I. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 879–888, mar. 2008.

SALAZAR-MARTÍNEZ, E. *et al.* Influence of Inspiratory Muscle Training on Ventilatory Efficiency and Cycling Performance in Normoxia and Hypoxia. **Frontiers in Physiology**, v. 8, 8 mar. 2017.

WEST, J. B. **Fisiologia respiratória: Princípios básicos** - 9.ed. Artmed Editora, 2013.