

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Especialização em fisioterapia

Gabriel Cristian Rosa de Souza

**A Relação da Função Muscular e da Rigidez Articular no Desempenho do
Atleta**

Belo Horizonte
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Especialização em fisioterapia

Gabriel Cristian Rosa de Souza

A Relação da Função Muscular e da Rigidez Articular no Desempenho do

Atleta

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Esportiva.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a Luciana De Michelis Mendonça

Coorientador(a): Ana Luiza Oliveira

Belo Horizonte

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESPECIALIZAÇÃO EM AVANÇOS CLÍNICOS EM FISIOTERAPIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

A RELAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR E DA RIGIDEZ ARTICULAR NO DESEMPENHO DO ATLETA

GABRIEL CRISTIAN ROSA DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pela Coordenação do curso de ESPECIALIZAÇÃO EM FISIOTERAPIA, do Departamento de Fisioterapia, área de concentração FISIOTERAPIA ESPORTIVA.

Aprovada em 21/06/2024, pela banca constituída pelos membros: Julia Beatriz Rodrigues e Natalia Cardoso Campos.

Renan Alves Resende

Prof(a). Renan Alves Resende
Coordenador do curso de Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia

Belo Horizonte, 03 de julho de 2024.

RESUMO

Introdução: O desempenho atlético é o resultado de uma interação complexa entre diversos fatores fisiológicos, biomecânicos e psicológicos, culminando na execução eficaz e eficiente de habilidades esportivas específicas. A função muscular é essencial para compreender o papel crucial que os músculos desempenham na execução de movimentos esportivos. A rigidez articular, influenciada tanto pela contração muscular quanto pela rigidez passiva de estruturas circundantes, desempenha um papel de suma importância na biomecânica das articulações. **Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura, investigando a relação da função muscular e da rigidez articular no desempenho esportivo de atletas. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão de literatura, que foi conduzida entre setembro e novembro de 2023 nas bases de dados PUBMED, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e, Embase. Foram incluídos estudos experimentais e observacionais publicados nos últimos 12 anos (2011 - 2023), que avaliaram rigidez articular e função muscular de atletas. **Resultados:** Dezesesseis artigos foram considerados adequados para avaliação final totalizou um total de 2.456 participantes, sendo a média de idade da população dos estudos de 21 anos ($\pm 8,6$ anos), variando entre 10 e 45 anos, em uma amostra predominantemente masculina, esportes de salto e rigidez articular. **Conclusão:** A relação entre função muscular e rigidez articular é crucial no desempenho esportivo. Estudos demonstram que a otimização dessa relação impacta positivamente a performance esportiva.

Palavras-chave: avaliação; atleta; esporte; desempenho; lesão.

ABSTRACT

Introduction: Athletic performance is the result of a complex interaction among various physiological, biomechanical, and psychological factors, culminating in the effective and efficient execution of specific sports skills. Muscle function is essential to understanding the crucial role that muscles play in performing sports movements. Joint stiffness, influenced both by muscle contraction and the passive stiffness of surrounding structures, plays a vitally important role in joint biomechanics. **Objective:** The aim of this study was to conduct a literature review investigating the relationship between muscle function and joint stiffness in athletes' sports performance. **Methodology:** This is a literature review that was conducted between September and November 2023 using the databases PUBMED, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), and Embase. Experimental and observational studies published in the last 12 years (2011 - 2023) that evaluated joint stiffness and muscle function in athletes were included. **Results:** Sixteen articles were deemed suitable for final assessment, encompassing a total of 2,456 participants, with the average age of the study population being 21 years (± 8.6 years), ranging from 10 to 45 years, in a predominantly male sample, involving jumping sports and joint stiffness. **Conclusion:** The relationship between muscle function and joint stiffness is crucial in sports performance. Studies show that optimizing this relationship positively impacts athletic performance.

Key-words: assessment; athlete; sport; performance; injury.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Amplitude de Movimento
CKCLEST	Closed kinetic chain lower extremity stability test
EMG	Eletromiografia
FAAM	Foot and Ankle Ability Measure
NCAA	National Collegiate Athletic Association
RE	Rotação Externa
RI	Rotação Interna
SLHB	Single Leg Hamstring Bridge
SHT	Side hop test
SEBT	Star excursion balance test
ROM	Range of Motion
PHPR	Posição de resistência passiva do quadril contra a gravidade
PT-Q	Torque máximo do quadríceps
PT-H	Torque máximo dos isquiotibiais
TW-Q	Trabalho total dos extensores
TW-H	Trabalho total dos flexores

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	METODOLOGIA.....	12
	2.1 Design.....	12
	2.2 Procedimentos.....	12
	2.3 Participantes.....	12
	2.4 Critérios de inclusão e exclusão.....	12
	2.5 Extração e análise dos dados.....	13
3.	RESULTADOS	14
	3.1 Síntee de evidências.....	14
	3.2 Participantes	14
	3.3Tipos de estudo.....	15
4.	DISCUSSÃO	21
5.	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O desempenho atlético é o resultado de uma interação complexa entre diversos fatores fisiológicos, biomecânicos e psicológicos, culminando na execução eficaz e eficiente de habilidades esportivas específicas (BITTENCOURT *et al.*, 2016; KONRAD *et al.*, 2016). Dentre esses determinantes, os fatores biomecânicos assumem um papel de destaque, visto que influenciam diretamente a capacidade do atleta de gerar força, otimizar padrões de movimento e alcançar níveis superiores de desempenho (SASAKI & NEPTUNE, 2010). A biomecânica, enquanto disciplina que investiga as forças e os movimentos que ocorrem no corpo humano, oferece uma perspectiva essencial para compreender a relação intrínseca entre a função muscular e a rigidez articular, e como esses elementos fundamentais podem impactar positivamente ou limitar o potencial atlético (FREITAS *et al.*, 2015; HESPANHOL *et al.*, 2013).

A função muscular exerce um papel crucial no funcionamento integral do corpo humano, sendo constituído por tecido contrátil, os músculos possuem a capacidade única de se contrair, encurtando-se e alongando-se para gerar força, possibilitando a execução de uma vasta gama de atividades físicas (LAI *et al.*, 2021). Além disso, desempenham um papel vital na absorção e dissipação de energia proveniente das demandas cotidianas, visando minimizar o impacto e a carga sobre as articulações (LIM; LIN; PANDY, 2022). Esta capacidade de regulação precisa da interação muscular, não apenas sustenta as atividades diárias, mas também é essencial para o desempenho atlético e a prevenção de lesões (KRZYSZTOFIK *et al.*, 2019).

Explorar a função muscular é essencial para compreender o papel crucial que os músculos desempenham na execução de movimentos esportivos. A capacidade muscular de gerar e transmitir força, aliada à rigidez articular, constitui um dos pilares

fundamentais para um desempenho atlético eficaz (PINHEIRO *et al.*, 2022; SAKAMOTO *et al.*, 2009). Os músculos não apenas proporcionam a força necessária para a realização de tarefas específicas em diferentes modalidades esportivas, mas também desempenham um papel crucial na estabilidade das articulações durante a movimentação (ENOKA, 2008). Além disso, a coordenação muscular adequada é vital para otimizar a eficiência dos padrões de movimento e para a execução precisa de habilidades técnicas, especialmente em esportes que demandam alta complexidade motora (KNUDSON & MORRISON, 2002).

Em seu recente estudo, Pamboris *et al.*, 2022 reforçou a importância de compreender a interação entre a função muscular e a rigidez articular para otimizar o desempenho esportivo. Investigando os efeitos do treinamento de força. Freitas *et al.* (2015) demonstraram que a plasticidade da junção miofascial é responsável pela adaptação muscular, influenciando diretamente a capacidade de gerar força e potência. Além disso, as pesquisas conduzidas por Konrad *et al.* (2016) destacaram a importância de otimizar a transferência de energia para melhorar a eficiência biomecânica. Isso não apenas reduz a necessidade de gerar uma grande quantidade de energia, mas também impacta positivamente o desempenho esportivo. Isso ressalta a crucial necessidade e importância de abordagens integradas, que compõem tanto a função muscular quanto a rigidez articular. Esses achados corroboram a ideia de que estratégias de treinamento e reabilitação devem ser delineadas levando em consideração essa relação, visando não apenas maximizar a força e a potência, mas também otimizar a coordenação e a eficiência dos padrões de movimento (FOLLAND & WILLIAMS, 2007; KINUGASA & KAWAKAMI, 2015).

A rigidez articular, conforme descrito por Latash e Zatsiorsky (1993), é uma propriedade mecânica caracterizada pelo aumento do torque de resistência em uma

articulação quando submetida a movimentos por forças internas ou externas. Estudos demonstram que a rigidez é influenciada tanto pela contração muscular quanto pela rigidez passiva de estruturas circundantes, desempenhando um papel de suma importância na biomecânica das articulações (ARAÚJO *et al.*, 2011; DO CARMO CARVALHAIS *et al.*, 2011). Esta interação complexa entre componentes ativos e passivos na determinação da rigidez articular é crucial para a compreensão da biomecânica funcional e para otimizar o desempenho motor (BENJAMINSE *et al.*, 2020). A rigidez pode ser ativa ou passiva, sendo a ativa determinada pela taxa de variação do torque de resistência durante o movimento e a passiva referindo-se à resistência oferecida na ausência de contração muscular (ARAÚJO *et al.*, 2011; BORGES *et al.*, 2017; LEITE *et al.*, 2012). Além disso, a capacidade de resistir à deformação é influenciada pela força muscular e flexibilidade dos membros inferiores, sendo crucial para o desempenho esportivo (WARD *et al.*, 2019; PEREZ *et al.*, 2022; BRAZIER *et al.*, 2019).

A interação entre função muscular e rigidez articular desempenha um papel central na otimização do desempenho atlético, e a literatura científica oferece uma boa base para essa compreensão (KUBO *et al.*, 2010; KUBO; IKEBUKURO, 2019; ŚLIWOWSKI *et al.*, 2024). Um componente-chave a ser considerado é o papel da rigidez articular na prevenção de lesões. Têm-se demonstrado que uma adequada rigidez articular pode reduzir a incidência de lesões musculoesqueléticas em atletas, proporcionando um melhor padrão movimentos dinâmicos e prevenindo movimentos excessivos que podem levar a lesões (HESPANHOL *et al.*, 2013). Além disso, a rigidez articular bem equilibrada também é vital para otimizar a transferência de energia durante atividades esportivas de alto impacto, como saltos e sprints, o que pode resultar em uma melhoria significativa no desempenho (FOLLAND & WILLIAMS, 2007).

Desse modo, a função muscular e a rigidez adequada são essenciais para manter a estabilidade durante movimentos complexos e exigentes em esportes como o futebol (HESPANHOL *et al.*, 2013). Têm-se demonstrado que um déficit na função muscular pode levar a instabilidades articulares, aumentando o risco de lesões e prejudicando o desempenho esportivo (BRAZIER *et al.*, 2019). Portanto, ao considerar a interação entre função muscular e rigidez articular, é essencial focar em estratégias de treinamento que visem tanto o desenvolvimento da força muscular quanto a otimização da rigidez articular para garantir uma base sólida para a execução de movimentos esportivos de alta performance. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura, investigando a avaliação da relação da função muscular e da rigidez articular no desempenho esportivo de atletas.

2. METODOLOGIA

2.1 Design

Trata-se de uma revisão de literatura

2.2 Procedimentos

A presente revisão de literatura foi conduzida entre setembro e novembro de 2023 nas bases de dados PUBMED, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Embase, sendo utilizado as palavras-chaves: Function, Functions muscle, Test of functions muscle, Torque, Strength muscle; Values of reference; Stiffness; Passive joint stiffness; Mobility; ROM; Range of motion; Hip; Ankle; Thigh; Hamstrings; Foot; Knee; Lower limbs; Agility; Assessment; Control; Dynamic; Functional stability; Endurance; Performance, Stability; Strength; Neuromuscular control; Performance assessment; Power; Speed; Velocity; Athletic; Athlete.

2.3 Participantes

Foram incluídos estudos com atletas de todos os níveis de treinamento, de acordo com os critérios de Mckinney et al., (2019), que classifica os atletas de acordo com o volume de treino semanal (elite >10h/sem, competitivos >6h/sem e recreativos 4h/sem), de 10 a 59 anos e ambos os sexos.

2.4 Critérios de inclusão e exclusão

Nesta revisão foram incluídos estudos experimentais e observacionais publicados nos últimos 12 anos (2011 - 2023) que tinham como objetivo avaliar a relação da rigidez articular e/ou função muscular nos membros inferiores em atletas. Excluiu-se da presente revisão os estudos que avaliaram função muscular e rigidez articular em paratletas.

2.5 Extração e análise dos dados

Os artigos que atenderam os critérios de elegibilidade foram selecionados nas bases de dados pelo título e pelo resumo. Posteriormente, foi realizada a leitura na íntegra para verificar a concordância desses estudos com os critérios de inclusão, exclusão e

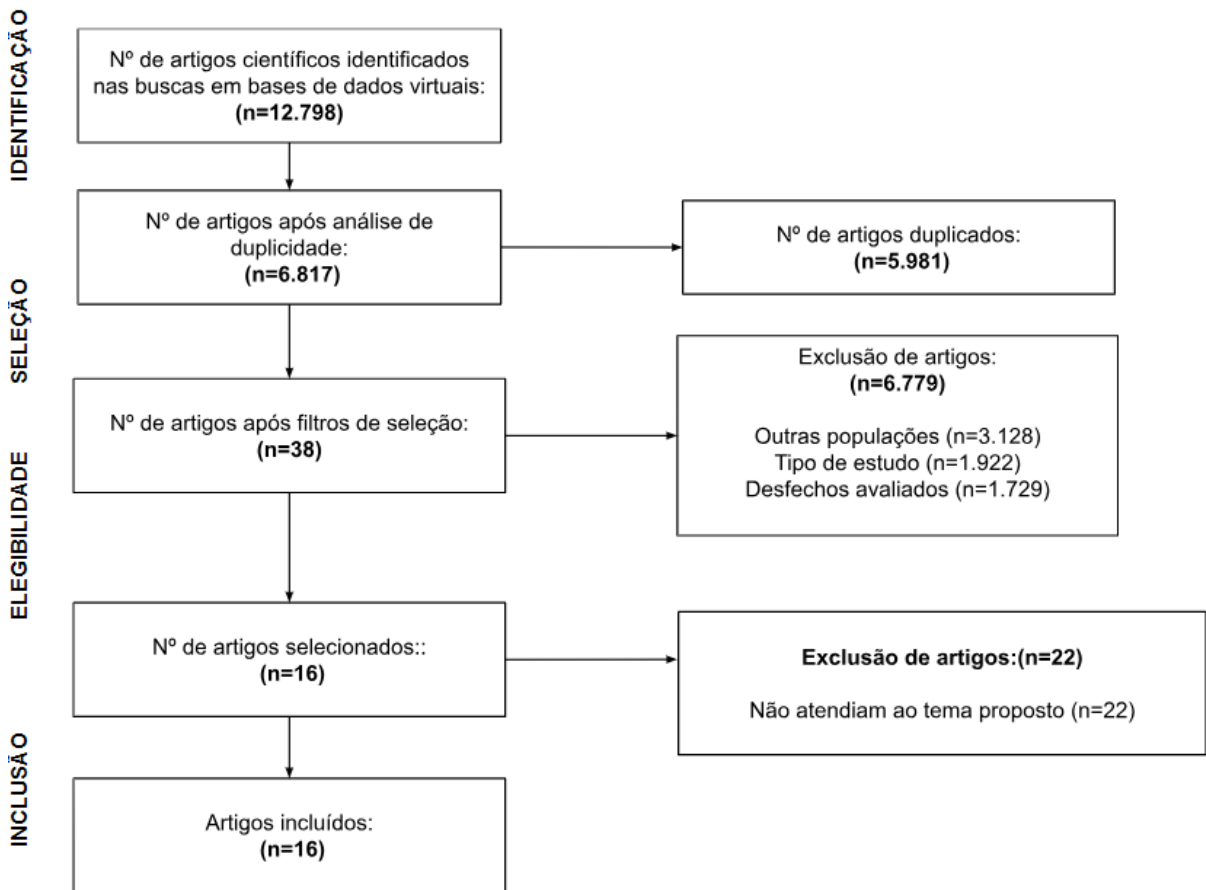
desfechos propostos para esta revisão. Para a análise de dados dos artigos selecionados foi utilizado o software Microsoft Excel® 2010 para elaboração de planilhas referentes à caracterização geral dos estudos. As informações extraídas dos artigos incluídos foram: 1) características da amostra (modalidade esportiva, idade e sexo), 2) detalhes do estudo (desenho, tamanho da amostra), 3) métodos e desfechos avaliados, 4) resultados (medidas de associação, valor de p, intervalo de confiança).

3 RESULTADOS

3.1 Síntese de evidências

Inicialmente a pesquisa bibliográfica resultou em um total de 12.798 artigos. Destes, 5.981 eram duplicados, restando 6.817 artigos para serem analisados. Na análise, 6763 não atendiam aos critérios de elegibilidade do presente estudo, restando 16 artigos que foram considerados adequados para avaliação final (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de inclusão e exclusão dos estudos



Fonte: do autor, 2024.

3.2 Participantes

As principais características dos estudos selecionados estão sintetizadas na Tabela 1. O número de participantes recrutados para os ensaios totalizou 2476 participantes, sendo que a média de idade da população dos estudos foi de 21 anos ($\pm 8,6$ anos),

variando entre 10 e 45 anos, em uma amostra predominantemente masculina, composta por 2254 atletas, totalizando 91% de toda população. Dentre os esportes mais presentes nas buscas, dos 16 estudos selecionados, se destaca o futebol com 6 estudos, em sequência o vôlei com 3 estudos, o basquete com 3 estudos e o futsal com 2 estudos. Em relação aos desfechos avaliados pelos estudos incluídos, o mais estudado foi a ADM (Amplitude de Movimento) em 5 estudos, a rigidez passiva em 4, torque e força respectivamente em 2 estudos. A respeito dos instrumentos utilizados para avaliação dos construtos destaca-se a utilização do dinamômetro em 6 dos 16 estudos e o inclinômetro aparecendo em 5 estudos.

3.3 Tipo de estudos

3.4 Dos dezesseis estudos selecionados, oito eram estudos transversais (SAKAMOTO *et al.*, 2009; CARVALHAIS *et al.*, 2011; ARAUJO *et al.*, 2012; BITTENCOURT *et al.*, 2016; TAKAHASHI *et al.*, 2018; OCARINO *et al.*, 2020; MENDONÇA *et al.*, 2022; ALMANSOOF; NUHMANI; MUAIDI, 2023); cinco eram estudos de coorte (FRECKLETON; COOK; PIZZARI, 2014; PEREZ *et al.*, 2016; YIN *et al.*, 2019; PEREZ *et al.*, 2021; SLIWOWSKI *et al.*, 2024); um ensaio clínico randomizado (SAMAKOSH *et al.*, 2022) e um era estudo longitudinal cruzado (WILLEFORD; STANEK; MCLODA, 2018; PAMBORIS *et al.*, 2022).

Tabela 1. Síntese dos estudos incluídos.

Autor/ano	Tipo de estudo	Características da amostra	Grupos	Desfechos	Instrumentos de análise	Resultados	p-valor
Sakamoto et al., 2009	Estudo Transversal	N= 31 (16 homens e 15 mulheres)	31	Padrões de ativação dos músculos glúteo máximo, semitendíneo e eretores da espinha.	Eletromiógrafo ProReflex MCU Qualisys 3 câmeras.	Ativação muscular foram semelhantes para os quatro exercícios analisados.	Flexão do joelho ($p < 0,0001$), extensão do joelho ($p < 0,0001$), rotação lateral e flexão do joelho ($p < 0,05$)
Carvalhais et al., 2011	Estudo Metodológico	N=15 (6 homens e 9 mulheres)	15	RI do quadril rigidez passiva	Dinamômetro isocinético Matlab customizado inclinômetro	O valor médio da rigidez passiva do quadril medida com o dinamômetro isocinético foi de 5,61 (5,35) Nm/rad.	Primeiro examinador ($p < 0,001$) Segundo examinador ($p = 0,001$)
Araujo et al., 2012	Estudo Transversal	N = 381 atletas (10 a 18 anos de idade / basquete, vôlei e futsal)	282 atletas (idade, altura, massa e esporte praticado)	Rigidez passiva do quadril através do teste PHPR.	Posição de resistência passiva do quadril contra a gravidade (PHPR)	Os valores do teste PHPR dos jogadores de futsal foram inferiores aos dos jogadores de basquete. As atletas femininas de voleibol apresentaram valores	Teste PHPR ($p = 0,02$), diferenças significativas entre futsal e basquete apenas na categoria 13e15 anos ($p \frac{1}{4} 0,001$), voleibol e basquetebol e entre voleibol e futsal na categoria 13e15 anos ($p > 0,005$),

superiores aos
masculinos.

Freckleton; Cook; Pizzari, 2014	Estudo Coorte Prospectivo	N=482 (16 a 45 anos)	482 jogadores	Força muscular dos isquiotibiais avaliada com a ponte unipodal dos isquiotibiais era um fator de risco a lesão.	Teste SLHB, teste Y, dorsiflexão ROM.	Foram registradas 28 lesões nos isquiotibiais (16 direitas e 12 esquerdas).	perna direita (p = 0,029) perna esquerda (p = 0,001)
Bittencourt et al., 2016	Estudo Transversal	N= 381 (10 a 19 anos)	301 (vôlei, basquete e futsal)	Torques isométricos máximos dos abdutores do quadril.	Dinamômetro portátil (Hoogan Health Industries, Microfet2®)	Os valores de torque dominante do abdutor do quadril foram maiores nos 15 a19 anos do que em 10 a 14 anos.	abdutor dominante do quadril (p < 0,0001)
Perez et al., 2016	Estudo de Coorte Prospectivo	N= 109 jogadores de tênis	109 (81 homens e 28 mulheres)	Flexão, extensão e abdução passiva do quadril, ADM de rotação interna e externa ativa e passiva do quadril.	Inclinômetro ISOMED	Em nenhuma das medidas de ADM do quadril, tanto homens quanto mulheres apresentavam medidas restritas flexão, extensão e abdução do quadril.	não apresenta p<0,05 (não apresenta diferenças significativas)

Takahashi et al., 2018	Estudo Transversal	N= 50 velocistas 100 m	50 velocistas masculinos entre 10,22s a 11,86s.	Rigidez passiva dos flexores plantares medida através do dinamômetro.	BIODEX Sistema dinamômetro 56 e atividade eletromiográfica (EMG).	A rigidez passiva dos flexores plantares foi significativamente correlacionada com o melhor desempenho pessoal nos 100 m	A rigidez passiva dos flexores plantares (P = 0,001), comprimento da perna (P = 0,042), circunferência (P < 0,001),
Willeford; Stanek; McLoda, 2018	Estudo Cruzado	N =41 (uma equipe da Divisão I do Campeonato de Futebol da National Collegiate Athletic Association do meio-oeste)	29 jogadores	ADM e equilíbrio dinâmico	ADM ativa do tornozelo nas 4 direções, Lower Quarter Y-Balance Test, Teste de Equilíbrio Y.	As tornozeleiras e fitas adesivas foram eficazes na redução da ADM em todas as direções e o equilíbrio dinâmico não diferiu entre as condições de fita e tornozeleira.	ROM de inversão, eversão, dorsiflexão, flexão plantar (p = 0,001), ROM desde o início, o pré-treino e pós treino (p = 0,001),
Yin et al., 2019	Estudo Coorte Prospectivo	N=60 (12 a 17 anos)	58 (3 bailarinos e 55 bailarinas)	Força, flexibilidade, mobilidade, estabilidade e dança funcional.	Teste de equilíbrio de excursão estelar (SEBT), teste de abaixamento duplo das pernas de Kendall teste de salto vertical, Thomas modificado.	Mudança nas medidas de força, flexibilidade e dança funcional antes e depois do treinamento intensivo de dança.	Teste de Kendall (P < 0,001), alinhamento correto dos joelhos durante o demi-plié (P < 0,001-0,002), alinhamento do quadril durante o plié (P = 0,01-0,04).
Ocarino et al., 2020	Estudo Transversal	N= 293 (15 a 17 anos)	293 (jogadores de futebol)	Flexibilidade do quadril, rigidez passiva do quadril e	Goniômetro inclinômetro dinamômetro portátil.	Idade do atleta influenciou o torque e a rigidez dos	Flexibilidade do iliopsoas (p = 0,010) reto femoral (p = 0,003)

				extensores e torque dos rotadores externos.		rotadores externos do quadril.	
Perez et al., 2021	Estudo de Coorte Prospectivo	N=121 ciclistas	121 (60 homens e 61 mulheres)	ADM de flexão passiva do quadril, extensão, rotação interna e externa, flexão do joelho e dorsiflexão	Inclinômetro, teste do sistema Leg-Motion.	Ciclistas masculinos e femininos apresentaram restrição de ADM na flexão do quadril e extensão, principalmente na flexão do joelho e dorsiflexão.	Flexão do quadril ($p<0,001$), rotação interna do quadril ($p=0,016$) e dorsiflexão do tornozelo ($p=0,039$)
Mendonça et al., 2022	Estudo Transversal	N= 451 atletas (380 homens e 71 mulheres)	451 (atletas vôlei, basquete e futebol)	Torque isométrico para o RE do quadril e a assimetria de torque entre as pernas diferem entre os esportes.	Inclinômetro (Starrett®) dinamômetro portátil (Microfet2®)	Torque do RE para os membros dominante e não dominante foram 0,46 (0,44; 0,48) e 0,42 (0,40; 0,44)	O modelo 1 (dados masculinos) $p<0,0001$ O modelo 3 (dados masculinos) $p<0,001$
Pambris et al., 2022	Estudo Cruzado	N= 12 (homens)	12 (corredores)	Rigidez articular dinâmica, rigidez vertical e cinemática de corrida do tornozelo.	Motion Analysis Corporation Inc. (Santa Rosa, CA, Estados Unidos) Software (Matlab 2013; MathWorks, Natick, MA, Estados Unidos)	alongamento dinâmico melhora a economia de corrida, possivelmente através da diminuição da rigidez articular dinâmica e vertical e da ativação muscular.	Rigidez Articular($p<0,05$)
Samakosh et al., 2022	Ensaio Clínico Randomizado	N= 39 jogadores de futebol	36 (3 grupos: grupo controle= 12, grupo de	Força, equilíbrio estático e dinâmico e	Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) e FAAM Sport,	Todos os testes melhoraram após oito semanas de treinamento com	GH: salto vertical ($p < 0,01$) e FAAMSPORT ($p < 0,05$), BSG: abdução do quadril ($p < 0,05$), adução do quadril

			solto=12 e grupo de equilíbrio mais força= 12)	função muscular.	dinamômetro, teste de equilíbrio Y, Triple Hop, salto vertical.	ambos os protocolos (especialmente o grupo equilíbrio + força).	(p < 0,05) e inversão do tornozelo (p < 0,001)
Almansoof; Nuhmani; Muaidi, 2023	Estudo Transversal	N= 66 atletas recreativos (55 homens e 11 mulheres)	21 (homens de 18 a 35 anos)	Estabilidade da extremidade inferior da cadeia cinética fechada, salto unipodal para teste de distância e teste de salto lateral.	Amplitude de movimento da dorsiflexão do tornozelo, Teste de estabilidade da extremidade inferior da cadeia cinética fechada, Salto unipodal para teste de distância.	Alongamento dinâmico melhora a economia de corrida, possivelmente através da diminuição da rigidez articular dinâmica e vertical e da ativação muscular.	CKCUEST e o SHT (p = 0,014), ADROM cadeia fechada dos membros inferiores (p < 0,01)
Sliwowski et al., 2024	Estudo de Coorte	N= 183 (183 homens)	183 (jogadores futebol profissional e base)	Força isocinética exercida pelos músculos extensores e flexores do joelho, quantificar o nível de desequilíbrios e assimetrias de força	dinamômetro Biodex System 3	Nenhuma diferença entre os grupos para PT-Q e PT-H, maiores níveis de força para TW- Q e TW-H dos profissionais do que da base. Não há diferenças entre os grupos para desequilíbrio intra-membros e assimetria inter-membros	PT-Q e PT-H (p > 0,05) TW- Q e TW-H (p < 0,05) desequilíbrio/assimetria (p > 0,05)

ADM/ROM= Amplitude de movimento, CKCLEST= Closed kinetic chain lower extremity stability test, EMG= Eletromiografia, FAAM= Foot and Ankle Ability Measure, RE= Rotação externa, RI= Rotação interna, PHPR= Posição de resistência passiva do quadril contra a gravidade, PT-Q= torque máximo do quadríceps, PT-H= torque máximo dos isquiotibiais, SEBT= Star excursion balance test, SLHB= Single Leg Hamstring Bridge, SHT= Side hop test, TW-Q = trabalho total dos extensores, TW-H= trabalho total dos flexores

4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar as associações da avaliação da função muscular e da rigidez articular no contexto do desempenho esportivo. Em relação à rigidez articular, foi identificado que a rigidez do quadril (CARVALHAIS *et al.*, 2011; ARAUJO *et al.*, 2012) e do tornozelo (PAMBORIS *et al.*, 2022; TAKAHASHI *et al.*, 2018) é crucial em esportes como futebol, vôlei, corrida e basquete, onde a rigidez adequada é essencial para prevenir lesões. Quanto à função muscular, enfatizou-se a avaliação rigidez rotadores externos/laterais de quadril (BITENCOURT *et al.*, 2016; MENDONÇA *et al.*, 2022; OCARINO *et al.*, 2020; PEREZ *et al.*, 2016), bem como da força, coordenação e equilíbrio muscular, dos isquiotibiais (FRENKTELON; COOK; PIZZARI, 2014) e do quadríceps (SAMAKOSH *et al.*, 2022).

Dentre as pesquisas abordando a temática da rigidez articular, destacou-se a avaliação clínica da rigidez do quadril proposta por Carvalhais *et al.* (2011). Essa medida foi a mesma empregada nos estudos de Ocarino *et al.* (2020) e Araújo *et al.* (2012), demonstrando a utilidade na identificação de atletas suscetíveis a lesões nos membros inferiores. É importante ressaltar que a literatura científica tem indicado que a diminuição da rigidez articular no contexto do futebol, por exemplo, pode comprometer o desempenho e aumentar o risco de lesões (OCARINO *et al.*, 2020). No entanto, um consenso definitivo não está bem definido. Estudos como os de Kubo *et al.* (2015) e Ueno *et al.* (2017) sugerem que uma maior rigidez pode estar associada a um melhor desempenho em atletas corredores, especialmente em modalidades que demandam mudanças de direção e acelerações rápidas. Acredita-se então que a rigidez articular, seja aumentada ou diminuída, oferece vantagens específicas de acordo com o esporte e o desempenho desejado. Como uma característica

modificável, a rigidez pode e deve ser adaptada para atender aos objetivos específicos de treinamento ou reabilitação (BRAZIER *et al.*, 2019; ARAUJO *et al.*, 2012).

No que se refere à função muscular, os resultados encontrados destacam a relevância de programas de treinamento que visem não apenas o aumento do componente de força isolada em determinados planos de movimento, mas também a função dos grupos musculares, em posições de estresse variáveis, ao longo de toda a ADM necessária para o esporte praticado, através de testes clínicos confiáveis e de fácil aplicação, como o exemplo do teste Single Leg Hamstring Bridge (SLHB) (FRENKTELON; COOK; PIZZARI, 2014; PEREZ *et al.*, 2022). Esse tipo de teste é validado e utilizado para avaliação dos músculos posteriores da coxa, porém devido sua metodologia também permite o monitoramento de assimetrias musculares, bem como avaliação da flexibilidade e amplitude de movimento executada, visando otimizar o desempenho esportivo, facilitar o processo de avaliação, comparação do atleta, além de reduzir o risco de lesões (SAKAMOTO *et al.*, 2009; SLIWOWSKI *et al.*, 2024; YIN *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o estudo de Perez *et al.* (2022) demonstrou que assimetrias de força de isquiotibiais entre membros e/ou amplitude de movimento podem estar associadas a uma maior propensão para o desenvolvimento de lesões, corroborando com os achados de Wollin; Thorborg; Pizzari (2017), os quais relacionam a força isométrica dos isquiotibiais e os déficits a um aumento do risco de recorrência de lesões. Além disso, Risberg *et al.* (2018) confirmam essas observações ao encontrarem uma significativa fraqueza nos quadríceps e isquiotibiais na perna contralateral não lesionada em atletas com histórico de lesão do ligamento cruzado anterior (LCA), sugerindo que a lesão pode impactar não apenas na perna afetada,

mas também na contralateral. Esses achados apontam a necessidade cada vez maior para testes confiáveis e válidos que consigam mensurar variáveis da função muscular de uma forma prática e reproduzível no ambiente clínico.

Ainda no contexto de função muscular, os estudos conduzidos por Bitencourt *et al.* (2016) e Mendonça *et al.* (2022) enfatizam a importância do torque muscular como função, nesse caso, dos rotadores laterais do quadril. Eles revelam que a ineficiência desses músculos contribui para desequilíbrios pélvicos e dos membros inferiores, aumentando o risco de condições clínicas como a síndrome da dor femoropatelar e a ruptura do ligamento cruzado anterior, impedimentos significativos ao desempenho esportivo adequado. Esses achados são consistentes com os de Sugimoto *et al.* (2014), que identificaram uma predisposição de duas a quatro vezes maior em mulheres para lesões no ligamento cruzado anterior e síndrome femoropatelar, atribuída a diferenças biomecânicas. Portanto, uma investigação aprofundada da função muscular é essencial, servindo como um componente fundamental nas estratégias de prevenção e reabilitação para melhorar o desempenho esportivo.

Por fim, a presente revisão apresentar algumas limitações. Destacamos a considerável variabilidade, heterogeneidade e a escassez de métodos padronizados e estudos que abordem avaliação da função muscular e rigidez articular. A diversidade de abordagens metodológicas em estudos relacionados a esses aspectos essenciais na pesquisa esportiva evidencia a falta de uma metodologia universalmente aceita. A ausência de padronização pode resultar em diferentes interpretações dos dados, dificultando a comparação entre estudos e a formação de consenso na comunidade científica. A variedade de instrumentos e protocolos utilizados, frente ao pequeno número de artigos encontrados demonstra a necessidade de estabelecer diretrizes

mais uniformes e criteriosas sobre a temática. A busca por métodos válidos e padronizados permitiria uma análise mais consistente e confiável, promovendo avanços substanciais no entendimento da relação entre esses fatores e suas implicações para a prevenção de lesões, o aprimoramento do desempenho atlético e aplicação clínica desses métodos de avaliação.

5 CONCLUSÃO

Esta revisão da literatura confirma que desequilíbrios entre função muscular e ou rigidez articular são fatores críticos que contribuem para descompensações biomecânicas, predispondo os atletas a uma variedade de lesões, desse modo, prejudicando substancialmente o desempenho esportivo. Portanto, é imperativo que os programas de treinamento e reabilitação considerem as especificidades adequadas da função muscular e da rigidez articular para otimizar o desempenho esportivo e minimizar a ocorrência de lesões esportivas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Vanessa L. et al. Validity and reliability of clinical tests for assessing passive ankle stiffness. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 15, p. 166-173, 2011.

ARAÚJO, Vanessa Lara et al. Characterization of hip passive stiffness of volleyball, basketball and futsal young athletes. **Physical therapy in sport**, v. 14, n. 4, p. 227-231, 2013.

ALMANSOOF, Haifa Saleh; NUHMANI, Shibili; MUAIDI, Qassim. Correlation of ankle dorsiflexion range of motion with lower-limb kinetic chain function and hop test performance in healthy male recreational athletes. **PeerJ**, v. 11, p. e14877, 2023.

BITTENCOURT, N F N; Meeuwisse, W H; Mendonça, L D; A Nettel-Aguirre; Ocarino, J M; Fonseca, S T. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition.:narrative review and new concept. **British Journal of Sports Medicine**, [S.L.], v. 50, n. 21, p. 1309-1314, 21 jul. 2016. BMJ.

BORGES, Pollyana RT et al. Passive stiffness of the ankle and plantar flexor muscle performance after Achilles tendon repair: a cross-sectional study. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 21, n. 1, p. 51-57, 2017.

BRAZIER, J., Antrobus, M., Stebbings, G., Day, S., Callaghan, M., & Erskine, R. (2019). The Interactive Effect of Limb Dominance and Sex on Stiffness, Strength, and Flexibility. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 33(9), 2302-2309.

BRAZIER, Jon et al. Lower extremity stiffness: considerations for testing, performance enhancement, and injury risk. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 4, p. 1156-1166, 2019.

CARVALHAIS, Viviane Otoni et al. Validity and reliability of clinical tests for assessing hip passive stiffness. **Manual therapy**, v. 16, n. 3, p. 240-245, 2011.

FOLLAND, J. P., & WILLIAMS, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Medicine**, 37(2), 145-168.

FREITAS, S. R., Mendes, B., Le Sant, G., Andrade, R. J., & Nordez, A. (2015). Myotendinous junction plasticity to ageing and resistance exercise in humans. **Frontiers in Physiology**, 6, 107.

HESPANHOL JUNIOR, L. C., Pena Costa, L. O., Lopes, A. D., & Costa, L. O. (2013). Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. **Journal of Physiotherapy**, 59(4), 263-269.

KINUGASA, R., & KAWAKAMI, Y. (2015). Effect of dynamic resistance training on electromyographic activity during early flexion in individuals with anterior knee pain. **Physical Therapy in Sport**, 16(4), 326-331.

KONRAD, A., Budini, F., Tilp, M., & Csapo, R. (2016). Strength training reduces intramuscular force transmission in skeletal muscles. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 48(11), 2201-2206.

KRZYSZTOFIK, Michal et al. Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 24, p. 4897, 2019.

KUBO, Keitaro et al. Passive and active muscle stiffness in plantar flexors of long-distance runners. **Journal of Biomechanics**, v. 48, n. 10, p. 1937-1943, 2015.

KUBO, Keitaro et al. Effects of mechanical properties of muscle and tendon on performance in long distance runners. **European journal of applied physiology**, v. 110, p. 507-514, 2010.

KUBO, Keitaro; IKEBUKURO, Toshihiro. Changes in joint, muscle, and tendon stiffness following repeated hopping exercise. **Physiological reports**, v. 7, n. 19, p. e14237, 2019.

LAI, Adrian KM et al. Lower-limb muscle function is influenced by changing mechanical demands in cycling. **Journal of Experimental Biology**, v. 224, n. 3, p. jeb228221, 2021.

LATASH, Mark L.; ZATSIORSKY, Vladimir M. Rigidez articular: mito ou realidade? **Ciência do movimento humano**, v. 12, n. 6, pág. 653-692, 1993.

LEITE, Diego X. et al. Relação entre rigidez articular passiva e torque concêntrico dos rotadores laterais do quadril. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, p. 414-421, 2012.

LIM, Yoong Ping; LIN, Yi-Chung; PANDY, Marcus G. Lower-limb muscle function in healthy young and older adults across a range of walking speeds. **Gait & Posture**, v. 94, p. 124-130, 2022.

MENDONÇA, Luciana De Michelis et al. Hip external rotation isometric torque for soccer, basketball, and volleyball athletes: normative data and asymmetry index. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 26, n. 1, p. 100391, 2022.

MOHAMMADI NIA SAMAKOSH, Hadi et al. What Does Provide Better Effects on Balance, Strength, and Lower Extremity Muscle Function in Professional Male Soccer Players with Chronic Ankle Instability? Hopping or a Balance Plus Strength Intervention? A Randomized Control Study. In: **Healthcare**. MDPI, 2022. p. 1822.

MORENO-PÉREZ, Victor et al. Descriptive profile of hip range of motion in elite tennis players. **Physical Therapy in Sport**, v. 19, p. 43-48, 2016.

MORENO-PÉREZ, Víctor et al. Effects of Football Training and Match-Play on Hamstring Muscle Strength and Passive Hip and Ankle Range of Motion during the Competitive Season. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 5, p. 2897, 2022.

OCARINO, Juliana M. et al. Normative data for hip strength, flexibility and stiffness in male soccer athletes and effect of age and limb dominance. **Physical Therapy in Sport**, v. 47, p. 53-58, 2021.

PAMBORIS, George M. et al. Influence of dynamic stretching on ankle joint stiffness, vertical stiffness and running economy during treadmill running. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 948442, 2022.

PINHEIRO, Larissa Santos Pinto et al. Lower limb kinematics and hip extensors strengths are associated with performance of runners at high risk of injury during the modified Star Excursion Balance Test. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 24, n. 6, p. 488-495, 2020.

SAKAMOTO, Ana Cristina Lamounier et al. Muscular activation patterns during active prone hip extension exercises. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 1, p. 105-112, 2009.

SASAKI, K., & NEPTUNE, R. R. (2010). Differences in muscle function during walking and running at the same speed. **Journal of Biomechanics**, 43(7), 1392-1398.

ŚLIWOWSKI, Robert et al. Intra-and inter-limb strength imbalance and asymmetry in soccer: A comparison of elite senior and junior players. **Plos one**, v. 19, n. 4, p. e0302474, 2024.

SUGIMOTO, Dai et al. Comparison of isokinetic hip abduction and adduction peak torques and ratio between sexes. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 24, n. 5, p. 422-428, 2014.

RISBERG, May A. et al. Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 8, p. 2314, 2018.

TAKAHASHI, Chieri et al. Potential relationship between passive plantar flexor stiffness and sprint performance in sprinters. **Physical Therapy in Sport**, v. 32, p. 54-58, 2018.

UENO, Hiromasa et al. Potential relationship between passive plantar flexor stiffness and running performance. **International journal of sports medicine**, v. 39, n. 03, p. 204-209, 2018.

WARD, Rachel E. et al. Comparison of lower limb stiffness between male and female dancers and athletes during drop jump landings. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 29, n. 1, p. 71-81, 2019.

WILLEFORD, Kristin; STANEK, Justin M.; MCLODA, Todd A. Collegiate Football Players' Ankle Range of Motion and Dynamic Balance in Braced and Self-Adherent–Taped Conditions. **Journal of athletic training**, v. 53, n. 1, p. 66-71, 2018.

YIN, Amy X. et al. The evaluation of strength, flexibility, and functional performance in the adolescent ballet dancer during intensive dance training. **Pm&r**, v. 11, n. 7, p. 722-730, 2019.

ZAJĄC, Bartosz et al. Do Highly Trained Mountain Runners Differ from Recreational Active Non-Runners on Range of Motion and Strength in the Hip and Ankle as Well as Postural Control? **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 7, p. 2715, 2023.

World Health Organization. (2018). Global status report on physical activity 2018. Geneva: **World Health Organization**.