

FACULDADE UNIGUAÇU
EDUCAÇÃO FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

LUCAS DE OLIVEIRA RODRIGUES

INTERFERÊNCIA DA MOBILIDADE DA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO NA
PROFUNDIDADE DO AGACHAMENTO LIVRE

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2024

LUCAS DE OLIVEIRA RODRIGUES

INTERFERÊNCIA DA MOBILIDADE DA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO NA
PROFUNDIDADE DO AGACHAMENTO LIVRE

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Educação Física da Faculdade
UNIGUAÇU.

Orientador: Me. Gleison Ferreira

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCAS DE OLIVEIRA RODRIGUES

INTERFERÊNCIA DA MOBILIDADE DA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO NA
PROFUNDIDADE DO AGACHAMENTO LIVRE

Trabalho de Conclusão de Curso em Educação Física apresentado, sob a orientação do professor Gleison Ferreira, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no curso de Educação Física da Faculdade UNIGUAÇU, pela seguinte banca examinadora:

Professor Ms. Gleison Ferreira.
Faculdade UNIGUAÇU

Professor Esp. Roberto Sparenberg
Faculdade UNIGUAÇU

Professor Esp. Maurício Antônio Haus
Faculdade UNIGUAÇU

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 09 DE DEZEMBRO DE 2024.

A folha devidamente assinada está sob guarda da secretaria do curso.

RESUMO

A mobilidade articular é um fator fundamental no corpo humano, pois envolve movimentos complexos das articulações em várias direções, respeitando os limites anatômicos do sistema musculoesquelético. Ela depende tanto da elasticidade muscular quanto da própria mobilidade articular. O agachamento é um movimento complexo que envolve a sincronização das articulações envolvidas no movimento e o grau de mobilidade articular das mesmas durante sua execução, que incluem o tronco, quadril, joelho e tornozelo. O presente trabalho tem como objetivo investigar a relação entre a mobilidade de tornozelo e a profundidade do agachamento com barra livre, um dos exercícios mais utilizados em programas de força. A amostra foi composta por 10 voluntários de ambos os sexos e diferentes idades, que realizaram o teste de Lunge para determinar o grau de mobilidade do tornozelo e, em seguida, executaram agachamentos com barra livre. Os dados mostraram que os indivíduos com maior amplitude de dorsiflexão do tornozelo apresentaram agachamentos mais profundos, enquanto aqueles com menor mobilidade tiveram profundidade limitada.

Palavras chave: Agachamento, mobilidade de tornozelo, dorsiflexão.

ABSTRACT

Joint mobility is a fundamental factor in the human body, as it involves complex joint movements in various directions, respecting the anatomical limits of the musculoskeletal system. It depends on both muscle elasticity and joint mobility itself. The squat is a complex movement that involves the synchronization of the joints involved in the movement and the degree of joint mobility during its execution, which include the trunk, hip, knee and ankle. The present work aims to investigate the relationship between ankle mobility and the depth of squats with a free bar, one of the most used exercises in strength programs. The sample consisted of 10 volunteers of both sexes and different ages, who performed the Lunge test to determine the degree of ankle mobility and then performed squats with a free bar. The data showed that individuals with greater range of ankle dorsiflexion performed deeper squats, while those with less mobility had limited depth.

Keywords: Squat, ankle mobility, dorsiflexion.

LISTA DE FIGURAS

Figur 01 - Valores angulares dos movimentos de dorsiflexão no teste de Lunge, dorsiflexão no agachamento e flexão de joelho no agachamento.....	09
Figura 02 - Dorsiflexão de 38,7° no teste de Lunge.....	10
Figura 03 - Dorsiflexão de 37,7° no agacha.....	11
Figura 04 - Flexão de joelhos de 52,4° em participante com mobilidade de tornozelo comprometida	11
Tabela 01 - Características antropométricas dos participantes.....	08

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.2 Justificativa	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 AGACHAMENTO E ARTICULAÇÕES ENVOLVIDAS NO MOVIMENTO	3
2.2 FOTOGRAMETRIA COMPUTADORIZADA E SOFTWARE DE AVALIAÇÃO POSTURAL (SAPO).....	4
2.3 AMPLITUDE DE MOVIMENTO E RELAÇÃO COM a PROFUNDIDADE NO AGACHAMENTO.....	5
3 METODOLOGIA.....	6
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	6
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA	6
3.3 INSTRUMENTO	7
3.4 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS	7
3.5 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	8
5 CONCLUSÃO	12
6 REFERÊNCIAS	13

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade articular é um fator fundamental no corpo humano, pois envolve movimentos complexos das articulações em várias direções, respeitando os limites anatômicos do sistema musculoesquelético. Ela depende tanto da elasticidade muscular quanto da própria mobilidade articular (SILVA E BADARÓ, 2017). O movimento de agachar é básico e natural, estando relacionado a diversas atividades cotidianas. É considerado um dos principais movimentos para melhorar a qualidade de vida, devido ao envolvimento significativo de várias articulações, sendo caracterizado como um movimento multiarticular (SANTOS, 2018).

O agachamento é um movimento complexo que envolve a sincronização das articulações envolvidas no movimento e o grau de mobilidade articular das mesmas durante sua execução, que incluem o tronco, quadril, joelho e tornozelo (SANT'ANA et al., 2015). É importante destacar que variações no agachamento podem ser estratégias seguras para alcançar uma amplitude adequada no agachamento livre, mas também podem ser prejudiciais se não forem respeitados os critérios de segurança (PRETO, FERREIRA MARTINS, 2014). Além disso, a movimentação do corpo, como a articulação do quadril, é a mais variável, enquanto o joelho oferece estabilidade e amplitude ao agachamento, e a mobilidade do tornozelo é essencial para garantir a base de apoio e manutenção da postura (MARCIANO, ÂNGELO, OLIVEIRA, 2015). O tornozelo, com suas complexidades, é composto principalmente pelas articulações talocrural, subtalar e tibiofibular, desempenhando um papel crucial no sistema biomecânico (LEARDINI, CONNOR, GIANNINI, 2014). De acordo com Viana e Greve (2006), os movimentos dos pés são responsáveis por absorver impactos, manter o equilíbrio e distribuir as forças.

Diversas condições podem causar a insuficiência da mobilidade articular, como deformidades anatômicas, cirurgias, edemas articulares, lesões musculares e ligamentares, além de imobilizações (GARCIA, 2018). A redução da amplitude de movimento articular é uma disfunção mecânica comum em pessoas ativas, o que pode predispor ao surgimento de lesões musculoesqueléticas (GILBREATH et al., 2014). A rigidez na articulação talocrural é um problema frequente, podendo agravar lesões e resultar na falta de flexibilidade articular, assim como na diminuição da amplitude de movimento (ADM) (HIDALGO, 2018). A limitação da ADM de dorsiflexão do tornozelo é um fator que aumenta a probabilidade de uma grande

variedade de lesões nos membros inferiores, podendo gerar compensações que levam a problemas patológicos no pé e tornozelo (STANEK, SULLIVAN E DAVIS, 2018). As restrições na dorsiflexão do tornozelo são vistas como um fator central na limitação da amplitude de movimento durante a execução de diversas variações de agachamento, principalmente no agachamento livre (DILL et al., 2014).

Sendo assim, o presente estudo proposto tem como objetivo verificar a correlação da mobilidade da articulação talocrural com a profundidade da descida no agachamento livre.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a relação da mobilidade do tornozelo com a profundidade do movimento do agachamento livre com barra.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (a) Avaliar a amplitude de dorsiflexão do tornozelo utilizando o teste de Lunge.
- (b) Correlacionar a amplitude de movimento do tornozelo com a profundidade alcançada durante a execução do agachamento livre.
- (c) Analisar a amplitude de flexão do joelho em relação ao alinhamento entre o joelho e a ponta dos pés.

1.2 JUSTIFICATIVA

O agachamento é um movimento fundamental tanto nas atividades físicas quanto nas rotinas diárias, sendo amplamente utilizado em treinos de força e reabilitação. No entanto, a execução correta do agachamento depende de vários fatores biomecânicos, especialmente da mobilidade do tornozelo, que pode influenciar diretamente a profundidade do movimento e a segurança do praticante.

Ao investigar a relação entre a mobilidade do tornozelo e a profundidade do agachamento livre, este estudo contribui para uma compreensão mais detalhada das possíveis limitações articulares que podem comprometer a performance e aumentar o risco de lesões. Isso é relevante para profissionais da educação física pois os

resultados podem servir como base para a prescrição de exercícios mais adequados e seguros, levando em consideração as necessidades individuais de mobilidade.

Além disso, ao identificar e compreender as restrições de mobilidade, será possível desenvolver estratégias preventivas e corretivas, auxiliando no aprimoramento da técnica, na redução do risco de lesões e na otimização dos resultados dos praticantes, promovendo uma maior qualidade no treinamento físico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AGACHAMENTO E ARTICULAÇÕES ENVOLVIDAS NO MOVIMENTO

O agachamento é considerado um dos exercícios mais completos na musculação, trabalhando grandes grupos musculares e envolvendo múltiplas articulações (SCHOENFELD, 2010). Esse movimento é amplamente utilizado tanto para hipertrofia quanto para o treinamento de força, além da reabilitação, sendo essencial em várias modalidades esportivas. Sua popularidade se deve à capacidade de ativar músculos como quadríceps, glúteos e músculos estabilizadores, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento da estabilidade corporal (ESCAMILLA, 2001). Existem diversas variações do agachamento, cada uma com características específicas que influenciam o recrutamento muscular e o padrão de movimento.

A articulação do quadril desempenha um papel crucial no agachamento, especialmente por ser uma das principais responsáveis pela amplitude de movimento e estabilização do tronco (NEUMANN, 2010). Durante o agachamento, o quadril realiza uma combinação de flexão (durante a fase excêntrica do movimento – descida) e extensão (durante a fase concêntrica do movimento – subida). A mobilidade e a força dos músculos ao redor do quadril, como os glúteos e isquiotibiais, são determinantes para a correta execução do movimento e para prevenir lesões (SCHOENFELD, 2010). A força e a mobilidade adequadas desses músculos são fundamentais para garantir a estabilidade durante o movimento; fraquezas podem resultar em compensações em outras áreas do corpo, comprometendo a execução e aumentando o risco de lesões.

Moreira; Antunes (2020) traz o joelho como uma articulação sinovial na qual sua estrutura é composta pela extremidade distal do fêmur, patela, extremidade proximal da tíbia e os ligamentos de suporte: ligamento cruzado anterior (LCA), ligamento cruzado posterior (LCP), ligamento colateral medial e ligamento colateral lateral. Os ligamentos mantem os ossos unidos e o joelho estável. Trata-se de uma articulação com dois graus de liberdade, podendo realizar movimentos de flexão e extensão no plano sagital e movimentos de rotações (MOREIRA; ANTUNES, 2020). É estendido pelo quadríceps femoral e flexionado pelos músculos isquiotibiais.

Compressão patelofemoral é a força submetida na articulação do joelho durante o agachamento. Essa força possui graus distintos de compressão e em níveis seguros tende a não ser prejudicial à saúde física. Forças excessivas de compressão podem degenerar a cartilagem da patela e a superfície do fêmur, contribuindo para o desenvolvimento de patologias, como condromalácia patelar e osteoartrite (HIRATA, 2007).

Ao contrário de outras articulações que atendem exclusivamente demandas de estabilidade ou mobilidade, a estrutura dos pés, junto com o tornozelo, proporciona ambas as capacidades, sendo, em determinados momentos, móveis e, em outros, estáveis. O complexo articular do tornozelo – ou talo-crural – e o pé conferem ao corpo estabilidade, tanto em repouso quanto em deslocamento, sem envolvimento significativo de atividade muscular e gasto energético na manutenção da estabilidade. Ao mesmo tempo, atuam como uma alavanca fixa, permitindo a propulsão do corpo na marcha (TEIXEIRA, 1997). Os movimentos realizados pela articulação incluem flexão plantar/dorsiflexão no plano sagital, inversão/eversão no plano frontal, e adução/abdução no plano transversal (MARCHETTI, et al. 2013). Deficiências na mobilidade do tornozelo podem resultar em compensações inadequadas, como o deslocamento excessivo dos joelhos à frente dos pés ou alterações na posição do tronco, elevando o risco de lesões (MACRUM et al., 2012).

2.2 FOTOGRAMETRIA COMPUTADORIZADA E SOFTWARE DE AVALIAÇÃO POSTURAL (SAPO)

A fotogrametria é um modelo de avaliação física que se utiliza de imagens para determinar informações acerca do objeto de pesquisa. As imagens são inseridas em um sistema de avaliação, que através da tecnologia irá fornecer

ferramentas para obtenção de dados posturais. Possui baixo custo de aplicação, facilidade de utilização e alta precisão nos resultados (FIGUEIREDO, 2012).

Um dos programas de avaliações quantitativas que podem utilizar-se da fotogrametria é o SAPO (Software de avaliação postural). O SAPO é um software gratuito que foi desenvolvido em 2003 por um grupo de pesquisadores com o objetivo de sistematizar o processo de coleta de dados e computadorizar uma ferramenta para dar eficiência e otimização de tempo para pesquisas. Uma das particularidades positivas do SAPO é a atualização constante em seu banco de dados, com análises e informações posturais cedidas por vários centros de pesquisas (FERREIRA, 2005). No software é possível obter informações angulares de segmentos corporais e traçar linhas entre esses segmentos, além de conter uma ampla base de informações sobre avaliações posturais e tudo que a engloba. Sua utilização neste trabalho foi crucial obtenção de dados e informações.

2.3 AMPLITUDE DE MOVIMENTO E RELAÇÃO COM a PROFUNDIDADE NO AGACHAMENTO

Ao abordar exercícios físicos, a amplitude de movimento é um fator crucial para determinar a eficiência do treinamento (MAIQUE, 2023). Os exercícios são realizados com a maior amplitude permitida pela articulação. A flexibilidade dos músculos esqueléticos contribui significativamente para essa amplitude. A variação na força muscular também ocorre em função da amplitude de movimento nas articulações. O exercício de agachamento, por exemplo, pode variar em profundidade em função da flexão do joelho, sendo: agachamento parcial (até 40° de flexão do joelho), meio agachamento (70-90° de flexão do joelho), e agachamento profundo (acima de 90° de flexão do joelho) (MARCHETTI, et al. 2013). O agachamento profundo, em comparação com o agachamento parcial (meio agachamento), proporciona uma ativação muscular mais intensa nos glúteos e quadríceps, ao mesmo tempo que eleva a carga nas articulações do joelho e quadril (SCHOENFELD, 2010).

A amplitude de movimento, particularmente no agachamento, tem relação direta com a profundidade alcançada no exercício. Quanto maior a mobilidade nas articulações envolvidas, especialmente tornozelo e quadril, maior a profundidade do agachamento (SANT'ANA et al., 2015). A dorsiflexão do tornozelo é um fator chave

para permitir essa profundidade, uma vez que sua limitação compromete a descida do quadril, conforme destacado por Dill et al. (2014). Portanto, uma maior amplitude de movimento favorece o aumento da profundidade no agachamento e, conseqüentemente, uma ativação muscular mais eficiente.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo caracteriza-se como descritivo experimental, utilizando de uma abordagem quantitativa, pois busca manipular uma variável para observar seus efeitos sobre os padrões de movimento, utilizando ferramentas específicas. Gil (2019) descreve a pesquisa experimental como um método que envolve a manipulação de variáveis independentes para observar seus efeitos sobre variáveis dependentes, em um ambiente controlado. Na abordagem quantitativa, os dados são expressos em números, analisados estatisticamente e objetivam encontrar relações ou diferenças entre variáveis.

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A amostra inicial do presente estudo foi composta por 10 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos, na faixa etária de 18 a 69 anos, que foram submetidos a um teste de mobilidade de tornozelo conhecido como Teste de Lunge (knee to wall test), seguido da realização do movimento de agachamento livre. Como critério de inclusão estão indivíduos que não apresentaram nenhuma patologia nas articulações do tornozelo, joelho e quadril há pelo menos cinco meses que antecedessem ao dia do estudo, indivíduos de ambos os sexos com faixa etária de 18 a 69 anos e que aceitaram participar do estudo assinando o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Para critérios de exclusão estão indivíduos que apresentaram alguma patologia nas articulações supracitadas no período de tempo estabelecido (cinco meses), não se enquadram na faixa etária determinada ou que não assinaram o TCLE.

A amostra foi composta de maneira randomizada e por conveniência, sendo recrutados por meio de uma conversa informal explicando o estudo.

3.3 INSTRUMENTO

O instrumento principal utilizado na pesquisa foi o software SAPO (Software de Avaliação Postural), ferramenta baseada em fotogrametria bidimensional. Este software permite a coleta e análise dos ângulos articulares dos membros inferiores e do tronco durante a execução do agachamento. Também foi utilizado uma câmera digital para capturar as imagens durante os movimentos e um tripé para fixação. As imagens foram coletadas em plano sagital, com a câmera localizada em face lateral do praticante do agachamento, a fim de analisar com precisão o alinhamento e os ângulos articulares. Além disso, foi utilizado um questionário para levantar informações demográficas (idade, sexo, tempo de treino e nível de familiaridade com o agachamento, etc.), contribuindo para o controle de variáveis que possam influenciar os resultados. Pontos anatômicos foram demarcados nos corpos dos voluntários com bolas de isopor de 50mm e fita dupla face para fixação.

3.4 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS

Os indivíduos inicialmente foram submetidos à uma avaliação antropométrica de peso, altura e IMC. Logo em seguida, cada indivíduo realizou um teste para verificar a mobilidade do tornozelo, que consistia em ficar de base unilateral de joelho em frente a uma parede a uma distância de um palmo, e realizar o movimento de dorsiflexão, objetivando tocar a parede com o joelho. Após avaliação antropométrica e o teste de mobilidade, foram fixadas no corpo dos participantes cinco esferas de isopor de 50mm com fita dupla face para fixação, nas regiões de: crista ilíaca porção superior lateral, trocanter femoral, fíbula proximal, maléolo lateral e quinto metatarso baseado no estudo de Leporace et al. (2013). Os participantes foram instruídos a agachar o máximo que conseguirem, respeitando os critérios estabelecidos: seus calcanhares não fossem levantados e os seus joelhos não ultrapassassem a linha dos pés. Sendo assim submetidos a uma análise bidimensional no plano sagital durante o movimento de agachamento livre com barra. O peso utilizado durante a realização do agachamento foi apenas o da barra, pesando aproximadamente 10kg.

Para a análise das fotografias seguiu-se o tutorial do software; iniciou-se pela calibração das imagens, as quais se ajustam na direção vertical (eixo Y), avaliando

os pontos mensurados entre distâncias (cm) e ângulos (graus) do corpo de cada participante. Para isso, foi utilizado um fio de prumo, pendurado em uma superfície plana.

3.5 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Para a análise estatística descritiva dos resultados foi utilizado o software de avaliação postural SAPO, e também utilizado o programa Microsoft Office Excel® 2007 para inserção de dados específicos e se organizar com as informações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise dos dados coletados, observou-se uma correlação positiva entre a mobilidade de tornozelo e a profundidade no agachamento. Os participantes que apresentaram maior mobilidade no teste de Lunge demonstraram uma maior capacidade de realizar o agachamento com profundidade. Por outro lado, os indivíduos que apresentaram menor mobilidade no teste de Lunge atingiram profundidades significativamente menores durante o agachamento. Essa relação tornou-se evidente quando comparado os valores angulares da dorsiflexão do tornozelo com a flexão de joelho, destacados na tabela 2. A profundidade do agachamento foi consideravelmente maior entre os participantes com maior mobilidade, onde todos conseguiram passar os 90° de flexão de joelho, sugerindo que a amplitude de dorsiflexão do tornozelo tem um papel determinante na profundidade do movimento de agachamento. As características antropométricas estão relatadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características antropométricas dos participantes

Variáveis	Dados
Indivíduos	10
Homem/Mulher	7/3
Idade (anos)	18-69
Peso (Kg)	64 - 111kg
Altura (m)	1,60 - 1,85
IMC (Kg/m²)	24,16 - 34,89

Fonte: Autor (2024).

A figura 1 compara duas fases do estudo: a aplicação do teste de Lunge e execução do agachamento. Os ângulos articulares referem-se a dorsiflexão do tornozelo durante o teste de Lunge, a dorsiflexão durante o agachamento e a flexão de joelho, obtidos na fase de amplitude máxima do movimento, respeitando os critérios de execução, que foram manter integralmente os pés em contato com o solo e não ultrapassar o joelho da ponta dos pés.

Figura 1 - Valores angulares dos movimentos de dorsiflexão no teste de Lunge, dorsiflexão no agachamento e flexão de joelho no agachamento.

Indivíduos	Teste de Lunge	Execução final agachamento	
	Dorsiflexão (°)	Dorsiflexão (°)	Flexão de joelho (°)
#1	43,9	35,5*	93,6*
#2	41,5	47,9	52,4
#3	35,8	41,2	61,9
#4	40,6	51,1	50,7
#5	41,5	47	50,2
#6	34,6	47,6	53,4
#7	37,9	34,5*	97,2*
#8	36,6	57,4	71,2
#9	38,7	37,7*	101,3*
#10	43,3	38,4*	92,8*

Fonte: Autor (2024)

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com a literatura existente que correlaciona a mobilidade de tornozelo para a profundidade do agachamento. Segundo Lima et al. (2018), a amplitude de dorsiflexão do tornozelo é um fator crucial para permitir maior inclinação anterior da tíbia, o que, por sua vez, facilita a maior flexão dos joelhos e quadris durante o agachamento. Essa maior inclinação e flexão resultam em uma maior profundidade do movimento.

Fry et al. (2003) afirmam que limitações na mobilidade do tornozelo, especialmente na dorsiflexão, podem comprometer a biomecânica do agachamento, levando à compensação em outras articulações e potencialmente aumentando o risco de lesões. Essa observação é consistente com os resultados encontrados neste estudo, onde participantes com menor mobilidade de tornozelo mostraram uma profundidade reduzida no agachamento, sugerindo uma execução menos eficiente do movimento.

Figura 2 – Dorsiflexão de 38,7° no teste de Lunge.



Fonte: Autor (2024).

Macrum et al. (2012) aponta que a limitação da dorsiflexão afeta a capacidade de manter o centro de gravidade adequadamente posicionado durante o agachamento, o que pode resultar em padrões de movimento inadequados, como elevação dos calcanhares ou curvatura excessiva da coluna vertebral. No presente estudo, tais compensações também foram observadas em alguns participantes com menor mobilidade, reforçando a importância de uma adequada amplitude de movimento no tornozelo para a execução segura e eficaz do agachamento.

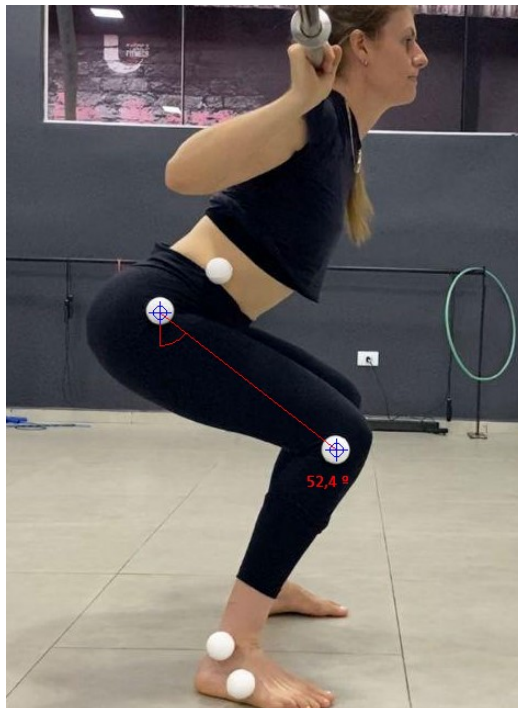
Figura 3 – Dorsiflexão de 37,7° no agachamento.



Fonte: Autor (2024).

A figura 3 demonstra como a falta de mobilidade do tornozelo pode resultar em padrões de agachamento limitantes, influenciando diretamente na profundidade atingida durante o movimento com os critérios de execução estabelecidos.

Figura 4 – Flexão de joelhos de 52,4° em participante com mobilidade de tornozelo comprometida.



Fonte: Autor (2024).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que a mobilidade do tornozelo, medida pelo teste de Lunge, tem um impacto direto na profundidade do agachamento. Indivíduos com maior amplitude de dorsiflexão alcançaram maiores profundidades, enquanto aqueles com mobilidade limitada apresentaram menores profundidades. Esses resultados são corroborados com o estudo de Santos (2018), que destaca a importância da flexibilidade do tornozelo para a execução eficiente do exercício.

Além disso, a literatura aponta que a limitação na dorsiflexão do tornozelo pode levar a compensações biomecânicas e aumentar o risco de lesões. Isso reforça a necessidade de intervenções focadas em melhorar a mobilidade articular, principalmente em exercícios que demandam alta flexibilidade, como o agachamento. A mobilidade adequada do tornozelo é essencial não apenas para melhorar o desempenho, mas também para manter a postura correta e prevenir sobrecargas em outras articulações, como o joelho e quadril (STANEK ET AL, 2018).

Por fim, o presente trabalho contribuiu para a compreensão da importância da mobilidade do tornozelo na profundidade do agachamento, ressaltando a necessidade de incluir avaliações e treinamentos focados nessa articulação. Garcia (2018) também aponta que a restrição na amplitude de movimento pode ser causada por fatores como lesões e edemas, sendo essencial a identificação dessas limitações para evitar problemas mais graves. Assim, a mobilidade do tornozelo deve ser vista como um fator influenciável para a otimização da performance no agachamento e em outros exercícios funcionais.

6 REFERÊNCIAS

- DA SILVA, ALINE HUBER; BADARÓ, A. F. V. Influência do alongamento por facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). Na flexibilidade em bailarinas. *Fisioterapia em movimento*, v. 20, n. 4, 2017.
- DILL, K. E. et al. Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weight-bearing-lunge ankle-dorsiflexion range of motion. *Journal of Athletic Training*, v. 49, n. 6, p. 723–732, 2014.
- ESCAMILLA, R. F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 127-141. 2001.
- FERREIRA, E. A. G. Postura e controle postural: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural. 2005.
- FIGUEIREDO, R. V., Amaral, A. C., & Shimano, A. C. Fotogrametria na identificação de assimetrias posturais em cadetes e pilotos da academia da força aérea brasileira. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 16, 54-60. 2012.
- FRY, A. C., SMITH, J. C., & SCHILLING, B. K. The effect of dorsiflexion range on the back squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 209-215, 2003.
- GARCIA, T. T. et al. Estudo comparativo entre a eficácia das técnicas: alongamento em cadeia versus articulação por articulação. 2018.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GILBREATH, J. P. et al. The effects of Mobilization with Movement on dorsiflexion range of motion, dynamic balance, and self-reported function in individuals with chronic ankle instability. *Manual Therapy*, v. 19, n. 2, p. 152–157, 2014.
- HALL, S. J. Biomechanics of sport and exercise (3rd ed.). Human Kinetics, 2015.
- HIDALGO, B. et al. The immediate effects of two manual therapy techniques on ankle musculoarticular stiffness and dorsiflexion range of motion in people with chronic ankle rigidity: A randomized clinical trial. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, n. Preprint, p. 1-10, 2018.
- HIRATA, RP; DUARTE, M. Efeito da posição relativa do joelho sobre a carga mecânica interna durante o agachamento. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v.11, n.2, p. 121-125, mar 2007.
- LEARDINI, A., O'CONNOR, J. J.; GIANNINI, S. Biomechanics of the natural, arthritic, and replaced human ankle joint. *Journal of foot and ankle research*, v. 7, n. 1, p. 8, 2014.
- LEPORACE, G. et al. Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. *Physical Therapy in Sport*, v. 14, n. 1, p. 35-43, 2013.

LIMA, R. F., SOUSA, M. F., & ALMEIDA, J. G. A importância da dorsiflexão do tornozelo na biomecânica do agachamento. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 32(2), 120-130, 2018.

MACRUM, E., BELL, D. R., BOLING, M., LEWEK, M., & PADUA, D. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(2), 144-150, 2012.

MAIQUE, G. M., SOARES, E. G., BRIGATTO, F. A., & LOPES, C. R. Amplitude de movimento no treinamento de força: Uma revisão narrativa. *RBPFEEX - Revista Brasileira De Prescrição E Fisiologia Do Exercício*, 17(111), 465-475, 2023. Recuperado de <https://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/2788>.

MARCHETTI, P. H. et al. Aspectos neuromecânicos do exercício agachamento. *Revista CPAQV*, 2013.

MCBRIDE, J. M., SKINNER, J., SCHAFFER, P., HAINES, T., & KIRBY, T. J. Comparison of kinetic variables and muscle activity during a squat exercise: free weight vs. Smith machine. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 160-165, 2010.

MOREIRA, H., ANTUNES, M. Joelho e suas estruturas. Universidade Federal de Pelotas, 2020.

NEUMANN D. A. Kinesiology of the hip: a focus on muscular actions. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40(2), 82–94. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3025>, 2010.

PRETO, J. M. S., FERREIRA, A. O., MARTINS, J. B. Agachamento profundo: uma análise sistemática. *RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 8, n. 47, 2014.

SANT'ANA, H. G. F. et al. Correlação Do Exercício De Agachamento Na Melhora Do Desempenho Funcional Da Marcha. In: *Caderno de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - UNIT / AL*. [s.l: s.n.]. v. 3p. 11–20, 2015.

SANTOS, E. D. Manual do Movimento Agachamento. 63 páginas. Relatório Técnico. Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde. Centro de Pesquisa em Ciências da Saúde. Universidade Norte do Paraná, Londrina. 2018.

SCHOENFELD, B. J. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3497-3506, 2010.

STANEK, J., SULLIVAN, T., DAVIS, S. Comparison of compressive myofascial release and the Graston Technique for improving ankle-dorsiflexion range of motion. *Journal of athletic training*, v. 53, n. 2, p. 160-167, 2018.

TEIXEIRA, L.F., OLNEY, S.J. Anatomia funcional e biomecânica das articulações do tornozelo, subtalar e médio-társica. Rev. Fisioter. Univ. São Paulo., v. 4, n. 2, p. 50-65, jul. / dez., 1997

VIANNA, D. L., GREVE, J. M. D. Relação entre a mobilidade do tornozelo e pé e a magnitude da força vertical de reação do solo. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 10, n. 3, 2006.

WINTER, D. A. Biomechanics and motor control of human movement (4th ed.). John Wiley & Sons, 2009.

WRETENBERG, P., FENG, Y., & ARBORELIUS, U. P. High- and low-bar squatting techniques during weight-training. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28(2), 218-224, 1996.