

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

Marcelo Danillo Matos dos Santos

**EFEITO DA ARQUITETURA MUSCULAR REGIONAL NO DESEMPENHO DE
FORÇA DE ATLETAS OLÍMPICOS E PARALÍMPICOS**

Belo Horizonte

2025

Marcelo Danillo Matos dos Santos

**EFEITO DA ARQUITETURA MUSCULAR REGIONAL NO DESEMPENHO DE
FORÇA DE ATLETAS OLÍMPICOS E PARALÍMPICOS**

Tese Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz

Linha de pesquisa: Análise de métodos para o desempenho humano e esportivo

Belo Horizonte

2025

S237e Santos, Marcelo Danillo Matos dos
2025 Efeito da arquitetura muscular regional no desempenho de força de atletas olímpicos e paralímpicos [recurso eletrônico] / Marcelo Danillo Matos dos Santos. – 2025.
1 recurso online (77 f. : il.) : pdf.

Orientador: Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Inclui bibliografia.

1. Atletas – Teses. 2. Esportes – Aspectos fisiológicos – Teses. 3. Esportes para deficientes – Teses. 4. Força muscular – Teses. I. Diniz, Rodrigo Cesar Ribeiro. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: nº 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DE TESE

MARCELO DANILLO MATOS DOS SANTOS

Às **14:00 horas** do dia **03 de dezembro de 2025**, a comissão examinadora, indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, reuniu-se no Auditório Maria Lúcia Paixão da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional e por videoconferência, para julgar, em exame final, a tese intitulada "**Efeito da arquitetura muscular regional no desempenho de força de atletas olímpicos e paralímpicos**". Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares de Defesa do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, que realizou a apresentação da sua tese. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

Prof. Dr. Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz (UFMG - orientador)

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas (UFMG)

Prof. Dr. Marco Carlos Uchida (Unicamp)

Prof. Dr. Fábio Juner Lanferdini (UFSM)

Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (UFMG)

Após as indicações, o candidato foi considerado: **APROVADO**.

Nada mais havendo a tratar, eu, Prof. Dr. Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz, presidente da comissão examinadora, dei por encerrada a reunião, da qual, para constar, lavrei a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.

Belo Horizonte, 03 de dezembro de 2025



Documento assinado eletronicamente por **Mauro Heleno Chagas, Membro**, em 06/12/2025, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz, Professor do Magistério Superior**, em 07/12/2025, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Juner Lanferdini, Usuário Externo**, em 07/12/2025, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marco Carlos Uchida, Usuário Externo**, em 09/12/2025, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor(a)**, em 18/12/2025, às 10:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4779715** e o código CRC **8792C9FA**.

Dedico esta tese à minha filha Letícia, minha mãe Solange e minha avó Vandete (em memória) pela motivação, pelos ensinamentos e por me apoiarem durante todo processo. Amores eternos!

AGRADECIMENTOS

Gratidão aos dois principais pilares da minha vida, minha mãe Solange e minha avó Vandete (em memória). Tenho certeza que este ciclo que se encerra, faz parte de tudo que elas puderam me proporcionar. Amo vocês eternamente.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos pela colaboração, incentivo e apoio em várias fases desse processo, em especial à minha tia Silvana, meu irmão Fernando e ao meu primo Ilzver.

À minha filha Letícia, que chegou durante o curso e trouxe a alegria e motivação para que eu pudesse seguir firme no processo. Papai te ama.

Aos meus atletas de Halterofilismo Paralímpico pela parceria e confiança durante os treinamentos, competições e pesquisa. Agradeço a toda comunidade do Halterofilismo Paralímpico Brasileiro, aos atletas e técnicos de diversos clubes do país que contribuíram para este trabalho, em especial ao Comitê Paralímpico Brasileiro por todo auxílio e parceria.

A todos os profissionais do Centro de Treinamento Esportivo da UFMG, especialmente, ao setor paralímpico, aos atletas de atletismo e taekwondo que também participaram desta pesquisa.

Aos professores e colegas de laboratório pela troca de experiências, ensinamentos e cooperação. Agradeço à CAPES, pelo financiamento do curso, à UFMG e ao laboratório LAMUSC por proporcionar oportunidades desafiadoras, experiências incríveis e principalmente o apoio para pesquisa.

Aos meus professores de mestrado da Universidade Federal de Sergipe que colaboraram para a minha formação, em especial ao meu orientador de mestrado Felipe Aidar.

Gratidão ao meu primeiro orientador de doutorado, Maicon Albuquerque, você faz parte intensamente desta realização, estava quase desistindo do curso quando sentamos e conversamos sobre possibilidade de fazer o doutorado, e você me deu a oportunidade. Excelente profissional e com um coração enorme, acolhedor, sempre contribuindo para a vida profissional e pessoal de quem cruza o seu caminho.

Gratidão ao meu orientador Rodrigo César Ribeiro Diniz. Sempre falei que é comum a carreira acadêmica se assemelhar a um relacionamento, porque geralmente os alunos de mestrado foram alunos da graduação e iniciação científica, e os alunos de doutorado foram alunos do mestrado. Mas eu não fui aluno do Rodrigo em nenhuma dessas ocasiões e mesmo assim ele aceitou me orientar no doutorado. É por isso, Rodrigo, que agradeço primeiramente pelo profissional e ser humano que você é, pela compreensão e equilíbrio nos momentos difíceis, por compartilhar

suas experiencias e conhecimento comigo, por todo ensinamento acadêmico, e pelas oportunidades desafiadoras que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal. Obrigado por me ajudar a realizar mais um objetivo de vida.

RESUMO

O objetivo do experimento 1 foi investigar a magnitude da associação da arquitetura muscular regional dos músculos peitoral maior (PM) e tríceps braquial (TB) no desempenho da força máxima dinâmica (FMD) em atletas de elite de Powerlifting Paralímpico (PP). No experimento 2 o objetivo foi comparar a arquitetura muscular regional e o desempenho de força entre atletas de elite de taekwondo e corredores de atletismo. No experimento 1, participaram vinte e seis atletas em duas sessões: na primeira, foram avaliadas medidas antropométricas e a arquitetura muscular; na segunda, registrada a FMD. A análise da arquitetura incluiu área de secção transversa (AST) e espessura muscular (EM) do PM em 15% e 30% do comprimento da clavícula e do TB a 50%, 60% e 70% do comprimento do úmero, além do ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF) no TB 60%, obtidos por ultrassom panorâmica. No experimento 2, a amostra foi composta por vinte e seis participantes do sexo masculino: treze atletas de taekwondo e treze corredores de atletismo, a AST dos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) a 40% e 60% da espinha ilíaca anterossuperior à borda superior da patela, o AP e o CF do VL foram obtidos com ultrassom panorâmica, bem como o desempenho do salto agachado (SA), salto com contramovimento (SCM) e torque máximo isométrico (TMI) no banco extensor de joelhos. No experimento 1, um modelo estatístico linear generalizado foi usado para analisar a influência dos preditores arquitetônicos e antropométricos no desempenho do PP. Para o experimento 2, o teste t para amostras independentes foi usado para comparar as médias das variáveis de arquitetura muscular e desempenho de força entre atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Em ambos experimentos, o nível de significância foi de 0,05. Os resultados do experimento 1, mostraram que a EM PM_{30%} e a EM TB_{60%} apresentaram associações significativas positivas com o desempenho do PP ($\beta = 0,2023$; $p = 0,008$; $\beta = 0,290$; $p = 0,001$ respectivamente). Assim, observou-se que para cada centímetro extra da EM PM espera-se um aumento de aproximadamente 56% no desempenho, e o aumento de 1 centímetro da EM TB corresponde a um aumento potencial de aproximadamente 34% no desempenho do PP. Entretanto, o comprimento do braço apresentou uma associação significativa negativa com o desempenho do PP ($\beta = -0,039$; $p = 0,033$), para cada 1 centímetro a mais no comprimento do braço o desempenho reduz em cerca de 4%. No experimento 2, os corredores de atletismo apresentaram valores significativamente maiores do que os atletas de taekwondo em AST RF_{40%}, AST RF_{60%}, AST VL_{60%} e CF do VL, além de SA e SCM. No experimento 1, conclui-se que entre os parâmetros arquitetônicos, a EM PM apresentou mais associação ao desempenho de FMD no supino do PP. Enquanto o experimento 2, conclui que corredores de atletismo apresentam maior arquitetura muscular nos músculos VL e RF e alcançam saltos mais altos em comparação aos atletas de taekwondo.

Palavras-chave: arquitetura muscular; powerlifting paraolímpico; taekwondo; atletismo; força muscular; alto rendimento.

ABSTRACT

The aim of experiment 1 was to investigate the magnitude of the association of the regional muscular architecture of the pectoralis major (PM) and triceps brachii (TB) muscles on the performance of maximum dynamic strength (MDS) in elite Paralympic Powerlifting (PP) athletes. In experiment 2, the objective was to compare regional muscle architecture and strength performance between elite taekwondo athletes and athletics runners. In experiment 1, twenty-six athletes participated in two sessions: in the first, anthropometric measurements and muscular architecture were assessed; in the second, MDS was recorded. Architectural analysis included cross-sectional area (CSA) and muscle thickness (MT) of the PM at 15% and 30% of the clavicle length and of the TB at 50%, 60% and 70% of the humerus length, in addition to PA and FL at TB 60%, obtained by panoramic ultrasound. In experiment 2, the sample consisted of twenty-six male participants: thirteen taekwondo athletes and thirteen athletics runners, the CSA of the rectus femoris (RF) and vastus lateralis (VL) muscles at 40% and 60% of the anterior superior iliac spine to the superior border of the patella, the PA and FL of the VL were obtained with panoramic ultrasound, as well as the performance of the squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ) and maximum isometric torque (MIT) on the knee extension bench. In experiment 1, a generalized linear statistical model was used to analyze the influence of architectural and anthropometric predictors on PP performance. For experiment 2, the independent samples t-test was used to compare the means of muscle architecture and strength performance variables between taekwondo athletes and athletics runners. In both experiments the significance level was 0.05. The results of experiment 1 showed that MT PM_{30%} and MT TB_{60%} presented significant positive associations with PP performance ($\beta = 0.2023$; $p = 0.008$; $\beta = 0.290$; $p = 0.001$ respectively). Thus, it was observed that for each extra centimeter of MT PM, an increase of approximately 56% in performance is expected, and the increase of 1 centimeter of MT TB corresponds to a potential increase of approximately 34% in PP performance. However, arm length showed a significant negative association with PP performance. ($\beta = -0.039$; $p = 0.033$), for every 1 centimeter added to arm length, performance reduced by approximately 4%. In experiment 2, athletics runners presented significantly higher values than taekwondo athletes in CSA RF_{40%}, CSA RF_{60%}, CSA VL₆₀ and FL of VL, in addition to SJ and CMJ. In experiment 1, it was concluded that among the architectural parameters, MT PM showed the strongest association with MDS performance in the PP bench press. While experiment 2 concludes that athletics runners have greater muscular architecture in the VL and RF muscles and achieve higher jumps compared to taekwondo athletes.

Keywords: muscle architecture; paralympic powerlifting; taekwondo; athletics; muscular strength; high performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Delineamento experimental.....	22
FIGURA 2	Regiões de referência para aquisição de imagens ultrassonográficas (A); área de secção transversa e espessura muscular do peitoral maior em 15% do comprimento da clavícula (B); área da secção transversa e espessura muscular do peitoral maior em 30% do comprimento da clavícula (C).....	24
FIGURA 3	Regiões de referência para aquisição de imagens ultrassonográficas (A); área da secção transversa e espessura muscular da cabeça longa do tríceps braquial a 60% do comprimento do braço (B); ângulo de penação e comprimento do fascículo da cabeça longa do tríceps braquial a 60% do comprimento do braço (C).....	25
FIGURA 4	Matrizes de correlação de medidas antropométricas e FMD (A) e medidas de arquitetura muscular e FMD (B).....	32
FIGURA 5	Desenho experimental.....	38
FIGURA 6	Imagem ilustrativa dos músculos do quadríceps femoral.....	40
FIGURA 7	Procedimento de marcação da coxa (A e B)	41
FIGURA 8	Imagens de ultrassom da área de secção transversa do reto femoral a 40% e 60% da espinha íliaca anterossuperior a borda superior da patela (AST RF _{40%} - AST RF _{60%}); área de secção transversa do vasto lateral a 40% e 60% da espinha íliaca anterossuperior a borda superior da patela (AST VL _{40%} - AST VL _{60%}) em (C e D)	42
FIGURA 9	Imagem ilustrativa do banco tapete de contato.....	43
FIGURA 10	Imagem ilustrativa do banco extensor de joelhos.....	44
FIGURA 11	Comparação da arquitetura muscular entre atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Área de secção transversa do reto femoral a 40% e 60% da espinha íliaca anterossuperior a borda superior da patela (AST RF _{40%} - AST RF _{60%}) em (A e B); área de secção transversa do vasto lateral a 40% e 60% da espinha íliaca anterossuperior a borda superior da patela (AST VL _{40%} - AST VL _{60%}) em (C e D); ângulo de penação do vasto lateral (AP VL) em (i) e comprimento do fascículo do vasto lateral (CF VL) em (J).....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Confiabilidade das medidas de arquitetura muscular.....	29
TABELA 2	Coeficientes de correlação entre variáveis de arquitetura muscular e força máxima dinâmica.....	30
TABELA 3	Resumo final do modelo linear generalizado gama para prever o desempenho de força máxima dinâmica	31
TABELA 4	Comparação das variáveis idade, altura, MC, %G e anos de experiências	46
TABELA 5	Comparação de torque máximo isométrico de extensão de joelhos e desempenho de salto agachado e com contramovimento.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Português

- AST – área de secção transversa
- EM – espessura muscular
- CF – comprimento do fascículo
- AP – ângulo de penação
- RF – reto femoral
- VL – vasto lateral
- PM – peitoral maior
- TB – tríceps braquial
- FMD – força máxima dinâmica
- TMI – torque máximo isométrico
- CIVM – contração isométrica voluntária máxima
- PP – powerlifting paralímpico
- SA – salto vertical agachado
- SCM – salto vertical com contramovimento
- EPM – erro padrão de medida
- EPM% – erro padrão de medida relativo
- CCI – coeficiente de correlação intraclasse
- MLG – modelo linear generalizado
- CIA – critério de informação de akaike
- FIV – fator de inflação de variância
- M – média
- SD – desvio padrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos e hipóteses.....	20
1.1.2 Experimento 1	20
1.1.3 Objetivo	20
1.1.4 Hipótese	20
1.1.5 Experimento 2	20
1.1.6 Objetivos.....	20
1.1.7 Hipótese	20
2 MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1 Cuidados Éticos.....	21
2.1.1 Abordagem experimental do problema – Experimento 1.....	20
2.1.2 Sujeitos – Experimento 1.....	22
2.1.3 Procedimentos – Experimento 1.....	23
2.1.4 Arquitetura muscular regional.....	23
2.1.5 Desempenho de força máxima dinâmica.....	26
2.1.6 Análise estatística.....	27
3 RESULTADOS – Experimento 1	29
4 DISCUSSÃO – Experimento 1	34
5 CONCLUSÃO – Experimento 1	38
5.1 Abordagem experimental do problema – Experimento 2.....	38
5.1.2 Participante – Experimento 2.....	39
5.1.3 Procedimentos – Experimento 2.....	39
5.1.4 Arquitetura muscular regional.....	40
5.1.5 Salto agachado e com contramovimento.....	42
5.1.6 Torque máximo isométrico.....	43
5.1.7 Análise estatística.....	44
6 RESULTADOS – Experimento 2	46
7 DISCUSSÃO – Experimento 2	49
8 CONCLUSÃO – Experimento 2	54
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
9.1 Conclusões, limitações e indicações de pesquisas futuras.....	55
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE	63
ANEXO	69

1 INTRODUÇÃO

O Powerlifting Paralímpico (PP) é um esporte de força adaptado do Powerlifting que tem como única disciplina o exercício supino. Atualmente, homens e mulheres com as deficiências físicas, déficit de força muscular, déficit de amplitude do movimento passivo, deficiência no membro, diferença no comprimento de membros, nanismo, espasticidade, ataxia e atetose podem competir no PP. Os atletas competem juntos na mesma prova, porém em categorias de peso diferentes, sendo dez categorias no masculino e dez no feminino (Wppo, 2024). No PP, o desempenho do atleta é determinado pela maior quantidade de peso levantado no exercício supino (Dos Santos *et al.*, 2020). Durante a realização do supino, os principais músculos ativados são peitoral maior (PM), deltoide anterior (DA) e tríceps braquial (TB) (Stastny *et al.*, 2017).

O treinamento regular de força no PP pode gerar adaptações morfológicas crônicas, alterando significativamente a arquitetura muscular. A arquitetura do músculo esquelético é definida por parâmetros como área de secção transversa muscular (AST), espessura muscular (EM), ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF), que influenciam a força e o desempenho esportivo (Kumagai *et al.*, 2000; Blazevich; Gill; Zhou, 2006; Lieber; Ward, 2011). A AST mede o tamanho do músculo de forma parcial através de um único corte transversal (Kawakami, 2005). A EM é definida pela distância entre a aponeurose superficial e profunda do músculo (Salimim, 2018). Ambas as variáveis são analisadas de forma diferente por imagem de ultrassom, estão fortemente correlacionadas (0.82, $p < 0,05$) (Fanchi *et al.*, 2018) e indicam resposta de hipertrofia muscular durante o treinamento (Fanchi *et al.*, 2018; Burke *et al.*, 2024). Nesse contexto, a AST do PM está correlacionada ($r = 0,86$, $p < 0,001$) com a força máxima dinâmica (FMD) no supino em atletas de diferentes esportes (Akagi *et al.*, 2014), e a EM do PM ($r = 0,77$, $p < 0,01$) com a FMD no supino de powerlifters (Brechue; Abe, 2002). O CF refere-se ao comprimento e o número de sarcômeros em séries (Fanchi *et al.*, 2017; Salimim, 2018) e está correlacionado com o desempenho em corridas de velocidade (Kumagai *et al.*, 2000). O CF juntamente com a EM do músculo vasto lateral (VL) contribuíram com 59% da força explosiva de extensão de joelhos em atletas de taekwondo e atletismo (Kavvoura *et al.*, 2018). O AP é mensurado pelo ângulo em que as fibras musculares se alinham em relação à aponeurose muscular profunda (Salimim, 2018). Músculos com maior AP compactam mais fibras musculares em uma área transversal menor, contribuindo para maior produção de força (Khare *et al.*, 2023). No entanto, ressalta-se que nos estudos acima citados, as medidas das variáveis da arquitetura muscular foram consideradas em uma única região do músculo.

Ademais, a arquitetura muscular pode-se apresentar regionalmente diferente ao longo do comprimento do músculo (Matta *et al.*, 2011; Ema *et al.*, 2013; Stasinaki *et al.*, 2018), sendo que as variações na arquitetura muscular de um mesmo músculo influenciam sua capacidade de produzir força máxima (Noorkõiv; Nosaka; Blazevich, 2015). Assim, alterações na AST muscular em diferentes regiões podem afetar de forma distinta a magnitude da transmissão de força ao tendão e, conseqüentemente, o torque articular (Noorkõiv, Nosaka; Blazevich, 2015). Por exemplo, uma alteração na AST na região distal do músculo VL apresenta correlação significativa positiva ($r = 0,93$; $p = 0,001$) com o torque máximo de extensão do joelho, porém uma alteração na AST na região proximal correlaciona-se negativamente ($r = -0,70$; $p = 0,05$) com o torque muscular (Noorkõiv *et al.*, 2015). Dessa forma, a medida de arquitetura muscular em diferentes regiões se torna importante, pois além de demonstrar com maior qualidade as adaptações morfológicas em todo o músculo, também permitem uma melhor compreensão sobre seu efeito no desempenho de força.

Estudos crônicos mostraram que o treinamento de força, incluindo o exercício supino, pode aumentar a EM e o AP regionais do TB em homens não treinados, mas não provoca mudanças significativas no CF (Matta *et al.*, 2011; Stasinaki *et al.*, 2018). De acordo com esses resultados, o desempenho de FMD no exercício de extensão de cotovelo correlacionou-se significativamente com a EM TB a 60% (região distal) do comprimento do braço ($r = 0,831$, $p = 0,01$) e com AP ($r = 0,827$, $p = 0,01$) em indivíduos do sexo feminino. Nesse sentido, foram verificadas correlações ($r = 0,81$, $p = 0,01$) entre a EM do TB a 60% (região distal) do comprimento do braço e a FMD no supino de powerlifters (Brechue; Abe, 2002). Assim, com base nos resultados desses estudos, é possível supor que a arquitetura das regiões mais distais dos músculos, especialmente do TB, pode estar associada ao desempenho de FMD em atletas, como os de PP. Entretanto, a magnitude dessa associação ainda precisa ser investigada.

Atletas do PP executam o supino de forma diferente daqueles sem deficiência, pois fazem o movimento de supino com as pernas sobre o banco fixadas com faixas devido as deficiências físicas dos membros inferiores. Esta forma de realizar o supino fornece instabilidade do movimento quando comparado ao supino convencional, com os pés no chão (Golas *et al.*, 2014). Assim, realizar o supino com apoio dos pés no chão gera mais estabilidade e força dinâmica do que o supino com base instável (Saeterbakken; Fimland, 2013). Estudos anteriores mostram maior envolvimento dos músculos do tronco ao realizar o supino com base instável quando comparado ao supino convencional (Norwood *et al.*, 2007; Muyor *et al.*, 2019). Essa instabilidade exige maior ativação dos grupos musculares específicos em atleta com

deficiência do que naquele sem deficiência (Golas *et al.*, 2014). Dentre esses músculos, o PM e o TB são mais solicitados do que o deltoide anterior durante o supino paralímpico (Aidar *et al.*, 2021; Teles *et al.*, 2021), e os estudos não verificaram a magnitude da associação da arquitetura desses músculos, especialmente do PM, no desempenho do PP. Portanto, não se sabe se mudanças na execução do supino causam adaptações arquitetônicas específicas em atletas do PP em comparação aos do powerlifting (Brechue; Abe, 2002). No entanto, a compreensão da associação da arquitetura muscular regional no desempenho do PP, pode ajudar atletas e treinadores a selecionar melhor os exercícios que ajudam a desenvolver a arquitetura muscular de atletas do PP.

Adicionalmente, deve-se destacar que as repostas de arquitetura podem ser dependentes dos músculos avaliados. Diferentes configurações do treinamento (direcionadas para o aumento de força vs. aumento de velocidade) podem ocasionar diferenças regionais da arquitetura em alguns músculos de atletas, mas não em outros (Blazevich *et al.*, 2003). Dessa forma, as relações entre o rendimento esportivo de atletas e suas especificidades arquitetônicas também deverão ser investigadas em diferentes grupos musculares. Alguns estudos (Kumagai *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2021; Jiang; Chen; Xu *et al.*, 2024) tem avaliado a arquitetura dos músculos do quadríceps para compreender melhor o desempenho em ações atléticas, como aceleração, desaceleração, saltos e chutes, isso acontece devido às diferenças entre as estruturas monoarticulares e biarticular dos músculos do quadríceps. O músculo VL, por exemplo, é monoarticular, e atua na articulação do joelho, enquanto o músculo reto femoral (RF) é biarticular, e atua tanto na articulação do quadril quanto do joelho (Chavan; Wabale, 2016). Nesse sentido, considera-se importante investigar a arquitetura muscular regional de atletas de diferentes esportes que envolvem ações importantes de extensão de joelhos e flexão do quadril, como corredores de atletismo e atletas de taekwondo. Pois a avaliação da arquitetura muscular regional dos músculos do quadríceps desses atletas, pode revelar as adaptações musculares específicas de cada esporte.

Atletas de taekwondo e atletismo usam ativamente os músculos dos membros inferiores em suas ações esportivas, e apresentam diferenças significativas na arquitetura muscular (Ciftçi *et al.*, 2024). A EM e o AP do VL medidos em uma única região muscular, são maiores em atletas de atletismo do que em atletas de taekwondo (Kavvoura *et al.*, 2018), enquanto o AP do reto femoral (RF) também medido em uma única região muscular, é maior em atletas de taekwondo (Ciftçi *et al.*, 2024). Além disso, a EM do RF medida em diferentes regiões muscular é menor em praticantes de taekwondo do que em atletas de boxe, judô, futebol e luta livre (Lee *et al.*, 2021). Neste contexto, os estudos indicam que atletas de taekwondo

apresentam menor tamanho muscular, medido pela EM (Franchi *et al.*, 2018) em comparação a atletas de diferentes esportes (Lee *et al.*, 2021), inclusive do atletismo (Kavvoura *et al.*, 2018). Segundo Lee *et al.* (2021), a arquitetura muscular dos atletas tende a ser moldada pelas demandas do esporte praticado, influenciando a força e o desempenho esportivo. Assim, a EM e o CF do músculo vasto lateral (VL), medidos a 50% do comprimento do fêmur, influenciaram em 37% do salto vertical e 50% da força explosiva de extensão de joelhos de atletas de taekwondo e atletismo (Kavvoura *et al.*, 2018).

Contudo, o estudo de Kavvoura *et al.* (2018) comparou atletas com diferentes demandas (atletas de arremesso vs. taekwondo), e isso poderia explicar as diferenças encontradas na EM e no AP entre os atletas. No entanto, ainda não se sabe se diferenças semelhantes ocorrem entre atletas com demandas específicas no mesmo segmento corporal, como os membros inferiores. Corredores mais rápidos demonstram menor tempo de contato com o solo, maior comprimento da passada e maior capacidade de aplicar força ao solo do que corredores mais lentos (Wenyan *et al.*, 2000). Enquanto os atletas de taekwondo exigem altos níveis de força, flexibilidade e potência para executar chutes eficazes (Bridge *et al.*, 2014). Portanto, ambos os atletas nesses esportes usam frequentemente os músculos dos membros inferiores, especialmente o quadríceps femoral, em suas ações esportivas, mas com diferentes demandas físicas e motoras.

Corredores de atletismo e atletas de taekwondo realizam movimentos rápidos e explosivos, como chutes, corridas e saltos, que exigem alta demanda do sistema neuromuscular dos membros inferiores (Kavvoura *et al.*, 2018; Albuquerque *et al.*, 2022). Testes padronizados de força e saltos verticais são usados para avaliar a capacidade neuromuscular de atletas (Blazevich *et al.*, 2003; Jiang; Chen; Xu, 2024). Por exemplo, o torque máximo isométrico (TMI) no banco extensor de joelhos, medido a 70° de flexão de joelhos é fundamental para avaliar a capacidade máxima de aplicação de força do quadríceps femoral (Ema *et al.*, 2013; Noorkõiv; Nosaka; Blazevich, 2014; Kavvoura *et al.*, 2018), enquanto, os saltos são usados para avaliação de desempenho de potência e treinamento em atletas (Earp; Newton; Cormie; Blazevich, 2015; Jiang; Chen; Xu, 2024). Neste contexto, o estudo de Kavvoura *et al.* (2018) comparou o TMI no banco extensor de joelhos e o salto com contramovimento entre atletas de taekwondo e atletismo, os autores observaram que os atletas arremessadores apresentaram maior desempenho de TMI e salto em comparação aos atletas de taekwondo. Além disso, o desempenho de força máxima isométrica no exercício leg press foi maior em atletas de atletismo do que em atletas de taekwondo. Assim, torna-se importante a investigação do desempenho de força em atletas de distintas modalidades, pois a comparação de teste padronizados, como TMI

e saltos verticais, podem ajudar a compreender as diferenças da capacidade neuromuscular dos atletas.

Considerando que os estudos (Kavvoura *et al.*, 2018; Ciftçi *et al.*, 2024) acima citados avaliaram a arquitetura do quadríceps femoral em uma única região muscular, pode-se supor que existem diferenças na arquitetura entre esses atletas, mas não está claro se essas diferenças variam em diferentes regiões ao longo do comprimento dos músculos de atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Pois não se tem entendimento como as exigências físicas específicas desses esportes e os efeitos do treinamento de força, podem ocasionar em adaptações regionais específicas da arquitetura. Além disso, cabe uma posterior análise do desempenho de força entre esses atletas. Como as demandas diferentes das modalidades esportivas geram adaptações distintas na arquitetura muscular (Ciftçi *et al.*, 2024), também se esperam diferenças no desempenho de força. Isso pode ocorrer porque a arquitetura muscular influencia testes como o TMI e o desempenho de salto (Kavvoura *et al.*, 2018). Portanto, compreender como a especificidade da modalidade afeta o desempenho em testes de força permite análises mais aprofundadas sobre seus efeitos. Contudo, a limitação da investigação da arquitetura muscular em uma única região em atletas de taekwondo e atletismo, como foi realizado nos estudos anteriores (Kavvoura *et al.*, 2018; Ciftçi *et al.*, 2024), deve ser ampliada para outras regiões do músculo, pois a avaliação de múltiplas regiões provavelmente oferece insights mais aprofundados sobre as adaptações musculares específicas do esporte.

1.1 Objetivos e hipóteses

1.1.2 Experimento 1

1.1.3 Objetivo

Investigar a magnitude da associação da arquitetura muscular regional dos músculos PM e TB no desempenho de FMD no supino em atletas de elite do PP.

1.1.4 Hipótese

A EM da região distal do músculo TB deve estar mais associada com o desempenho de FMD no supino de atletas do PP.

1.1.5 Experimento 2

1.1.6 Objetivos

Comparar a arquitetura muscular regional e o desempenho de força entre atletas de elite de taekwondo e corredores de atletismo.

1.1.7 Hipótese

Existem diferenças na arquitetura muscular regional e desempenho de força a favor de corredores de atletismo quando comparados a atletas de taekwondo. Maiores AST em todas as regiões, CF e AP são esperados em corredores de atletismo do que em atletas de taekwondo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

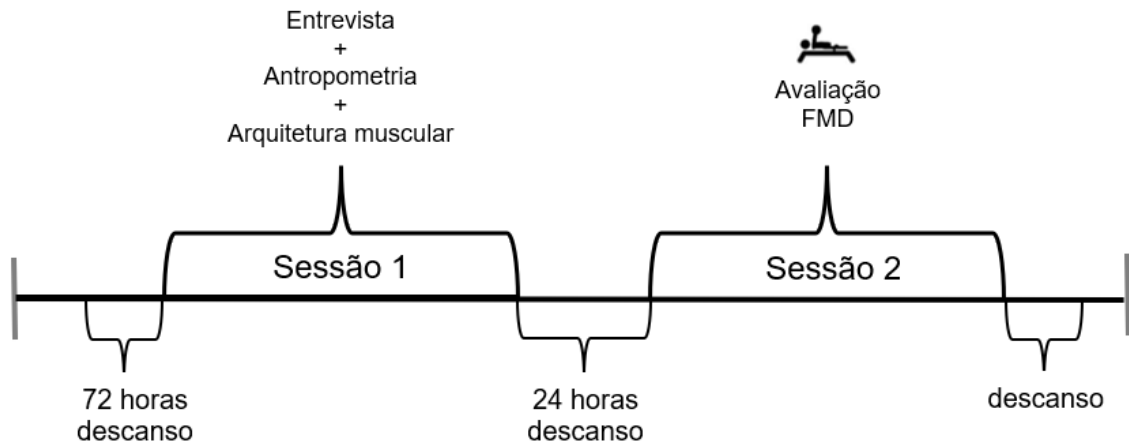
2.1 Cuidados Éticos

Os projetos de pesquisa dos experimentos 1 e 2 foram submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e aprovados sob os seguintes pareceres: estudo 1, n.º 5.868.623 e CAAE: 63291722.0.0000.5149, e estudo 2, n.º 6.683.032 e CAAE: 76640723.4.0000.5149. As normas vigentes estabelecidas pela resolução 466 de 2012 determinadas pelo Conselho Nacional em Saúde envolvendo pesquisas com seres humanos foram respeitadas. Todos os participantes foram informados sobre os possíveis benefícios e riscos de participação nos estudos e forneceram consentimento por escrito antes da participação.

2.1.1 Abordagem experimental do problema – Experimento 1

Este é um estudo transversal que investigou a magnitude da associação da arquitetura muscular regional do PM e TB no desempenho do PP. Os dados deste estudo foram coletados em uma competição nacional de PP em duas sessões. A sessão 1 consistiu em uma entrevista com os participantes, avaliação de medidas antropométricas e realização de um exame ultrassonográfico para determinar a arquitetura muscular regional dos músculos PM e TB. Após um período mínimo de 24 horas, foi realizada a sessão 2, a avaliação do desempenho de FMD dos atletas durante uma competição nacional de PP, ou seja, segunda fase nacional de PP, etapa classificatória para o campeonato Brasileiro. Os atletas incluídos no estudo ficaram afastados do treinamento por um período de 72 horas (informações coletadas durante a entrevista), para não comprometer a avaliação ultrassonográfica. A Figura 1 exemplifica o delineamento do estudo.

Figura 1. Delineamento experimental



Legenda: FDM = força máxima dinâmica.
 Fonte: elaboração própria.

2.1.2 Sujeitos – Experimento 1

O tamanho da amostra foi estimado utilizando o software Gpower versão 3.1.9.7 (Düsseldorf, Alemanha), aplicando-se a análise de regressão linear múltipla (Família teste F) com limiar de significância de $\alpha = 0,05$, poder estatístico de 80% e tamanho do efeito (TE) de 0,53 verificado na relação da EM com a FMD no supino (Zaras *et al.*, 2023). Esse cálculo gerou um tamanho mínimo de amostra de 25 indivíduos no total. Participaram deste estudo 26 atletas de PP, todos do sexo masculino, com idade média de $30,11 \pm 8,33$ anos, massa corporal de $72,87 \pm 20,83$ kg, $4,65 \pm 3,50$ anos de experiência na modalidade e desempenho médio de $122,73 \pm 38,18$ kg no teste de 1RM, o que corresponde a $1,75 \pm 0,49$ 1RM/kg. Todos os atletas da amostra apresentaram-se acima da referência para atletas de elite, 1,4 vezes o peso levantado/massa corporal (Ball; Weidman, 2018).

A amostra foi adquirida por conveniência e atendeu aos seguintes critérios de inclusão: sexo masculino, classificado pelo Comitê Paralímpico Brasileiro com, no mínimo, dois anos de experiência competitiva na modalidade em nível nacional ou internacional e frequência mínima de treinamento de cinco sessões semanais. Todos os atletas ficaram entre os 10 melhores em suas respectivas categorias em competição nacional. Dois atletas eram os atuais campeões e recordistas nacionais e participaram dos Jogos Parapan-Americanos, conquistando o segundo e o terceiro lugares em suas respectivas categorias. Onze atletas apresentaram lesões na medula espinhal abaixo da oitava vértebra torácica, cinco com sequelas de poliomielite, seis com amputação de membros inferiores, um com paralisia por lesão cerebral e três com malformações em membros inferiores (artrogripose).

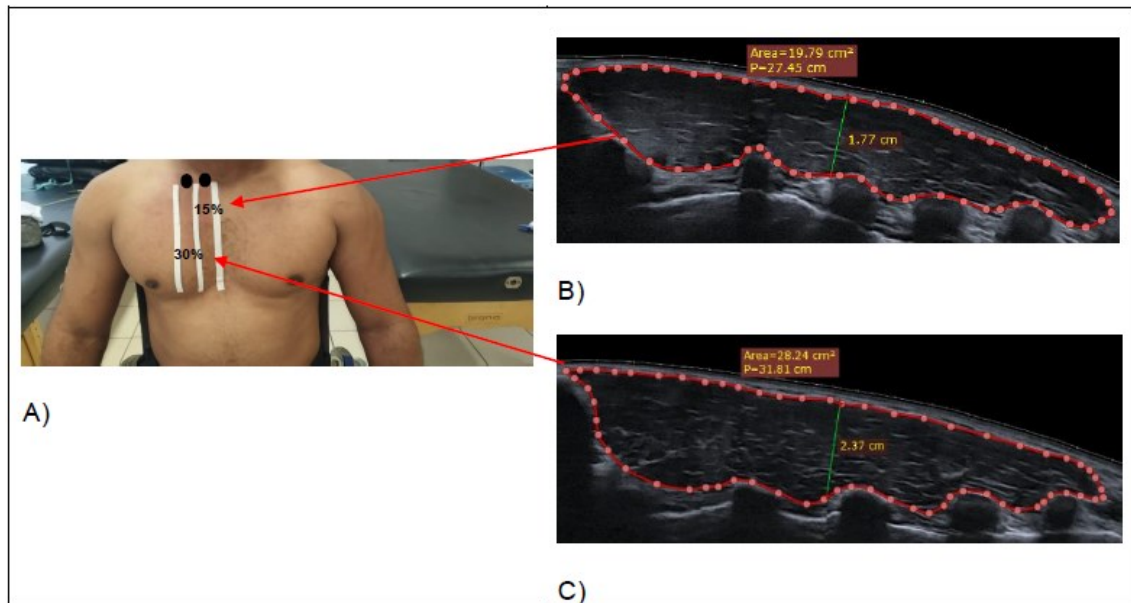
2.1.3 Procedimentos – Experimento 1

Na sessão 1, após a chegada, os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo e participaram da anamnese para verificar os critérios de elegibilidade para participação no estudo. Em seguida, foram realizadas as medidas antropométricas. A massa corporal foi determinada com os indivíduos sentados em uma balança eletrônica digital para cadeirantes (Micheletti, São Paulo, Brasil), do tipo plataforma, com precisão de 200 g, capacidade máxima de 300 kg e dimensões de 1,5 m x 1,5 m. O comprimento dos membros e a distribuição muscular foram medidos utilizando-se marcos anatômicos e são detalhados a seguir.

2.1.4 Arquitetura muscular regional

Para a arquitetura regional da cabeça longa do TB e do PM, imagens panorâmicas de ultrassom modo B foram obtidas com um ultrassom portátil (Vino® Q5-7L, China) com um transdutor de matriz linear de 5 cm. O equipamento foi configurado com frequência de 10 MHz, taxa de aquisição de 21 frames.s⁻¹, profundidade de captura de imagem de 5,5 a 6,5 cm e ganho entre 50% e 60% dB. As configurações foram ajustadas para cada voluntário a fim de produzir as imagens mais nítidas para seus respectivos músculos. Inicialmente, para o PM, o comprimento da clavícula foi definido como a distância entre a borda superior da articulação esternoclavicular (0%) e a articulação acromioclavicular (100%), em seguida foram identificados e marcados na pele os pontos de 15% (região proximal) e 30% (região distal – maior área de secção transversa muscular) do comprimento da clavícula (Figura 2A), adaptado do estudo de Albarello *et al.* (2022). Tiras finas de fita microporosa (Nexcare Beige) foram colocadas na pele nesses dois pontos como um marcador.

Figura 2. Regiões de referência para aquisição de imagens ultrassonográficas (A); área de secção transversa e espessura muscular do peitoral maior em 15% do comprimento da clavícula (B); área da secção transversa e espessura muscular do peitoral maior em 30% do comprimento da clavícula (C)

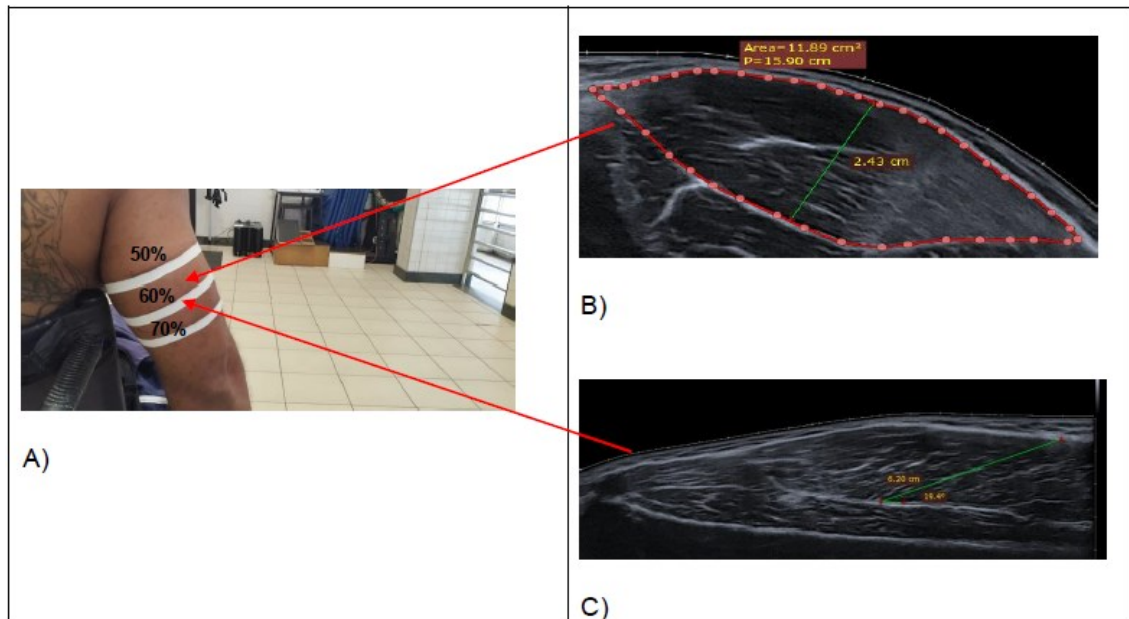


Fonte: elaboração própria.

Imagens ultrassonográficas panorâmicas foram coletadas transversalmente nas fibras do músculo PM, dos respectivos pontos até a borda inferior do músculo (Abarelho *et al.*, 2022). Todas as imagens foram adquiridas após os indivíduos permanecerem deitados em decúbito dorsal com os braços posicionados ao lado do corpo por 15 minutos para permitir a estabilização do deslocamento do fluido.

Para o TB, a medição iniciou-se com os sujeitos sentados e os braços estendidos ao lado do corpo, em seguida, a distância entre a superfície posterior do acrômio (0%) e o epicôndilo lateral do úmero (100%) foi marcada e definida como o comprimento total do braço (Matta *et al.*, 2011), os pontos de 50%, 60% e 70% dessa distância foram utilizados para aquisição das imagens (Figura 3A) e caracterizados como região média e distal. Os três pontos na pele foram marcados com tiras finas de fita microporosa (Nexcare Beige).

Figura 3. Regiões de referência para aquisição de imagens ultrassonográficas (A); área da secção transversa e espessura muscular da cabeça longa do tríceps braquial a 60% do comprimento do braço (B); ângulo de penação e comprimento do fascículo da cabeça longa do tríceps braquial a 60% do comprimento do braço (C)



Fonte: elaboração própria.

Em seguida, os sujeitos deitaram-se em decúbito ventral com o braço apoiado em uma maca, formando um ângulo de 90° em relação ao tronco, totalmente estendido. Para registro da AST e da EM, foram coletadas imagens panorâmicas com o transdutor percorrendo toda a circunferência posterior do braço em velocidade constante, da região medial para a lateral, a fim de registrar a cabeça longa do TB (Stasinaki *et al.*, 2018). Em seguida, para visualização contínua dos fascículos da cabeça longa do músculo TB, o transdutor foi posicionado lateralmente ao braço e orientado paralelamente aos fascículos musculares. O transdutor foi considerado adequado quando vários fascículos puderam ser contornados sem interrupção na imagem. A trajetória dos fascículos foi desenhada na pele com uma caneta de acordo com o alinhamento dos fascículos visto na imagem ultrassonográfica em tempo real (Stasinaki *et al.*, 2018). Para adquirir uma imagem panorâmica, uma única visão contínua (campo de visão estendido) foi obtida movendo o transdutor ao longo da linha tracejada desenhada na pele. Para avaliar ambos os músculos, o transdutor de ultrassom foi revestido com gel solúvel em água para acoplamento acústico e posicionado na pele sem deprimir a superfície dérmica, e duas imagens foram coletadas e analisadas por um único avaliador experiente para cada porcentagem dos músculos PM e TB para calcular a confiabilidade das medidas (Tabela 1). O mesmo avaliador analisou cada imagem duas vezes.

As imagens foram armazenadas no disco rígido de um notebook ao qual o ultrassom estava conectado e depois transferidas para um pen drive, como um arquivo DICOM, e analisadas usando o software visualizador Radiante DICOM (versão de software 1.9.16, 64 bits, Poznan, Polônia). Para medir a AST dos músculos PM (Figura 2B e 2C) e TB (Figura 3B), um avaliador treinado traçou manualmente o contorno dos músculos, e o software calculou automaticamente a área contornada, o comprimento total da área foi medido e a metade do comprimento foi definida como um ponto específico para medir a EM (Figura 2B, 2C e 3B). Assim, o EM foi definida como uma linha reta entre a aponeurose profunda e superficial ao longo de cada seção transversal do músculo. O CF do TB foi determinado como o comprimento fascicular entre as aponeuroses superficial e profunda (Figura 3C), e o AP do TB (Figura 3C) foi calculado entre o fascículo muscular e a aponeurose profunda, ambos sendo analisados em 60% do comprimento do braço. Os atletas do PP apresentaram as seguintes características arquitetônicas: AST PM_{15%} ($21,19 \pm 5,39 \text{ cm}^2$; IC 95% 19,27 – 23,35), AST PM_{30%} ($28,28 \pm 6,37 \text{ cm}^2$; IC 95% 26,04 – 30,37), AST TB_{50%} ($13,73 \pm 3,65 \text{ cm}^2$; IC 95% 12,26 – 15,07), AST TB_{60%} ($12,74 \pm 3,92 \text{ cm}^2$; IC 95% 11,24 – 14,32), AST TB_{70%} ($8,66 \pm 2,80 \text{ cm}^2$; IC 95% 7,62 – 9,85), EM PM_{15%} ($1,91 \pm 0,40 \text{ cm}$; IC 95% 1,76 – 2,07), EM PM_{30%} ($2,50 \pm 0,27 \text{ cm}$; IC 95% 2,40 – 2,61), EM TB_{50%} ($2,58 \pm 0,56 \text{ cm}$; IC 95% 2,36 – 2,82), EM TB_{60%} ($2,51 \pm 0,52 \text{ cm}$; IC 95% 2,31 – 2,72), EM TB_{70%} ($2,06 \pm 0,46 \text{ cm}$; IC 95% 1,88 – 2,24), AP TB_{60%} ($25,18 \pm 5,00$ (°); IC 95% 23,21 – 27,06) e CF TB_{60%} ($6,18 \pm 1,47 \text{ cm}$; IC 95% 5,59 – 6,78).

2.1.5 Desempenho de força máxima dinâmica

O desempenho de FMD foi medido de acordo com as regras já estabelecidas pelo World Para Powerlifting (Wppo, 2024). Após posicionar-se no banco, deitado em decúbito dorsal, o atleta removia a barra do suporte com ou sem o auxílio dos levantadores de peso (ajudantes). Mantendo a barra estendida, com os cotovelos totalmente estendidos e sob controle, após o sinal de "começar" do árbitro central, o atleta abaixava a barra até o peito, mantendo-a visivelmente parada, em seguida o atleta empurrava a barra para cima de forma uniforme, com os braços simétricos movimentando a barra na mesma velocidade, finalizando o movimento com os cotovelos estendidos. Após manter a barra parada e controlada na posição final, o atleta aguardava o sinal sonoro de “rack” dado pelo árbitro central, e a barra era devolvida ao “rack”. Imediatamente após a conclusão do movimento, três árbitros, dois laterais e um árbitro central, decidiram o movimento usando um sistema de bandeiras vermelhas e brancas. Duas ou mais bandeiras brancas significavam movimento válido, duas ou mais bandeiras vermelhas

significavam movimento inválido. Este procedimento segue as regras do PP. Na competição, cada atleta teve direito a três tentativas (Wppo, 2024). O melhor desempenho de FMD de cada atleta em relação às três tentativas em sua respectiva categoria foi utilizado para análise estatística.

2.1.6 Análise estatística

As variáveis são apresentadas como média e desvio-padrão. Para avaliar a confiabilidade das medidas da arquitetura muscular, foram calculados os coeficientes de correlação intraclassa (CCI), o erro padrão de medida (EPM) e o EPM relativo (EPM%). Os CCIs foram calculados usando um modelo de efeitos aleatórios bidirecional com concordância absoluta apropriada para avaliar a confiabilidade do teste-reteste (Weir, 2005). A interpretação dos valores dos CCIs seguiu os limites comumente aceitos: $< 0,50$ = ruim, $0,50-0,75$ = moderado, $0,75-0,90$ = bom e $> 0,90$ = excelente confiabilidade. O EPM foi calculado como a raiz quadrada do erro quadrático médio do modelo ANOVA, e o erro padrão relativo EPM% foi expresso como uma porcentagem do valor médio de cada medição para refletir o erro relativo (Weir, 2005). Todas as análises de confiabilidade foram realizadas com o software SPSS.

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para avaliar a normalidade dos dados, e não foram encontradas violações de normalidade. Antes do ajuste do modelo de regressão, matrizes de correlação foram criadas para explorar as relações entre as variáveis. O coeficiente de correlação de Pearson-r foi utilizado para verificar as correlações das medidas antropométricas, bem como das medidas de arquitetura muscular. Os valores foram classificados com os seguintes limites: pequeno ($r = 0,1-0,3$); moderado ($r = 0,3-0,5$); grande ($r = 0,5-0,7$); muito grande ($r = 0,7-0,9$); extremamente grande ($r = 0,9-1,0$) (Hopkins *et al.*, 2009). Para investigar os preditores morfológicos e antropométricos de desempenho da FMD, foi ajustado um Modelo Linear Generalizado (MLG) com distribuição Gama. Essa abordagem de modelagem foi selecionada porque a variável dependente, FMD, é estritamente positiva e exibe uma distribuição assimétrica à direita. As características distributivas — como um valor de assimetria de 1,74 e um intervalo de 70 a 246 — reforçam ainda mais a adequação do MLG Gama para esta análise.

O modelo completo inicial incluiu as seguintes variáveis explicativas: massa corporal, comprimento do braço, AST PM 30%, AST TB 60%, EM PM 30% e EM TB 60%. Um procedimento de seleção gradual baseado no Critério de Informação de Akaike (CIA) foi

aplicado em ambas as direções para identificar o modelo mais parcimonioso, minimizando a perda de informações. A multicolinearidade entre os preditores foi avaliada usando o Fator de Inflação da Variância (VIF). Além disso, diagnósticos residuais foram realizados para verificar a adequação das premissas do modelo por meio do teste de Shapiro-Wilk. Coeficientes exponenciados foram calculados para interpretar o modelo em termos percentuais. Por exemplo, um coeficiente exponenciado ($\exp(\beta)$) de 1,10 indica aproximadamente 10% do aumento no valor esperado do resultado para cada aumento de uma unidade no preditor. Por outro lado, um $\exp(\beta)$ de 0,90 corresponde a uma redução de aproximadamente 10%. Valores maiores que 1 indicam uma associação positiva, enquanto valores menores que 1 indicam uma associação negativa com o resultado. Para expressar essa variação percentual, calculamos $(\exp(\beta)-1) \times 100$, que fornece a variação percentual exata no resultado esperado por aumento unitário do preditor. Todas as correlações e análises do GLM foram realizadas utilizando o software R, e um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) foi adotado.

3 RESULTADOS – Experimento 1

A Tabela 1 apresenta os valores das medidas de confiabilidade das características da arquitetura muscular da amostra. Os CCIs para variáveis de arquitetura muscular variaram de 0,819 a 0,995, indicando confiabilidade moderada a excelente em todas as medições. Além disso, os valores do EPM variaram de 0,03 a 1,58, com os EPM% entre 1,68% e 6,51%, indicando variabilidade absoluta e relativa geralmente baixa na maioria das medidas. Notavelmente, os maiores erros de medição foram observados no AP do TB e no CF, enquanto as medidas da AST e da EM mostraram maior precisão.

Tabela 1. Confiabilidade das medidas de arquitetura muscular

Variáveis	CCI	IC 95%		p-valor	EPM (cm ²)	EPM%
		Limite inferior	Limite superior			
AST PM 15%	0,982	0,961	0,992	0,001	0,74	3,47
AST PM 30%	0,983	0,963	0,992	0,001	0,84	2,99
AST TB 50%	0,994	0,987	0,997	0,001	0,27	1,96
AST TB 60%	0,994	0,987	0,997	0,001	0,31	2,42
AST TB 70%	0,994	0,981	0,998	0,001	0,19	2,17
EM PM 15%	0,991	0,981	0,996	0,001	0,04	2,06
EM PM 30%	0,842	0,676	0,926	0,001	0,11	4,44
EM TB 50%	0,994	0,988	0,998	0,001	0,04	1,73
EM TB 60%	0,992	0,980	0,997	0,001	0,04	1,78
EM TB 70%	0,995	0,988	0,998	0,001	0,03	1,68
AP TB 60%	0,819	0,630	0,913	0,002	1,58	6,51
CF TB 60%	0,899	0,877	0,982	0,005	0,28	4,56

Legenda: área transversal do músculo peitoral maior (AST PM); área transversal do músculo tríceps braquial (AST TB); espessura do músculo peitoral maior (EM PM); espessura do músculo tríceps braquial (EM TB); ângulo de penação do tríceps braquial (AP TB); comprimento do fascículo do tríceps braquial (CF TB); intervalo de confiança (IC 95%); coeficiente de correlação intraclasse (CCI); erro padrão de medida absoluto (EPM) e erro padrão de medida relativo (EPM%).

A análise de correlação bivariada apresentada na Tabela 2 para todos os indivíduos não revelou correlações significativas entre AST PM 15% e AST PM 30% do comprimento da clavícula e desempenho de FMD. Foram observadas correlações significativas de moderadas a grandes ($r = 0,321$; $r = 0,537$; $r = 0,561$) entre AST TB 50%, AST TB 60%, AST TB 70% do comprimento do braço com a FMD. Além disso, a análise mostrou correlações significativas e grandes ($r = 0,509$; $r = 0,603$) entre EM PM 15%, EM PM 30% e FMD. Correlações significativas e grandes ($r = 0,598$; $r = 0,649$; $r = 0,567$) foram reveladas entre EM TB 50%, EM TB 60% e EM TB 70% com o desempenho de FMD. Além disso, houve correlações significativas e moderadas ($r = 0,335$) entre o desempenho de FMD e o AP TB 60% e não houve correlações entre CF TB 60% e FMD (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre variáveis de arquitetura muscular e força máxima dinâmica

Arquitetura muscular vs. FMD	r	IC 95 %		p-valor
		Limite inferior	Limite superior	
AST PM 15% vs. FMD	0,139	-0,262	0,499	0,248
AST PM 30% vs. FMD	0,224	-1,116	3,805	0,135
AST TB 50% vs. FMD	0,321	-0,075	0,630	0,055
AST TB 60% vs. FMD	0,537	0,189	0,765	0,002
AST TB 70% vs. FMD	0,561	0,221	0,779	0,001
EM PM 15% vs. FMD	0,509	0,139	0,743	0,005
EM PM 30% vs. FMD	0,603	0,281	0,803	0,001
EM TB 50% vs. FMD	0,598	0,274	0,800	0,001
EM TB 60% vs. FMD	0,649	0,349	0,828	0,001
EM TB 70% vs. FMD	0,567	0,230	0,782	0,001
AP TB 60% vs. FMD	0,335	-0,059	0,639	0,047
CF TB 60% vs. FMD	0,193	-0,124	0,458	0,344

Legenda: área da secção transversal do peitoral maior (AST PM); área da secção transversal do tríceps braquial (AST TB); espessura muscular do peitoral maior (EM PM); espessura muscular do tríceps braquial (EM TB); ângulo de penação do tríceps braquial (AP TB); comprimento do fascículo muscular (CF) e força dinâmica máxima (FMD); intervalo de confiança (IC 95%).

Para evitar problemas relacionados à multicolinearidade e ao sobreajuste, adotamos a estratégia de selecionar apenas uma variável representativa de cada grupo altamente correlacionado, com base na relevância teórica. A seleção criteriosa garantiu a interpretabilidade do modelo e a robustez estatística, minimizando a redundância entre os preditores.

Um MLG com uma distribuição gama e uma função de ligação logarítmica foi ajustado para examinar os fatores associados ao desempenho de FMD. As variáveis incluídas no modelo foram massa corporal, comprimento do braço, AST PM 30%, AST TB 60%, EM PM 30% e EM TB 60%. Posteriormente, um procedimento de seleção de modelo passo a passo foi aplicado usando a função “step()” com a direção definida como “both”, permitindo tanto a seleção para frente quanto a eliminação para trás. Este processo iterativo teve como objetivo identificar o modelo mais parcimonioso minimizando o Critério de Informação de Akaike (CIA).

O modelo final apresentado na Tabela 3, que incluiu comprimento do braço, EM PM 30% e EM TB 60% como preditores, demonstrou um bom ajuste estatístico (desvio residual = 0,68 em 21 graus de liberdade; CIA = 237,46, log-verossimilhança = -113,73). O valor do Pseudo R² de 0,66 revelou que aproximadamente 66% da variância no desempenho de FMD foi explicada pelo conjunto de preditores, o que indica poder explicativo substancial para um

modelo baseado na distribuição Gama. O parâmetro de dispersão foi estimado em 0,03, sugerindo baixa variabilidade residual e confirmando que a família Gama era apropriada para modelar uma variável de resultado estritamente positiva e assimétrica à direita. Além disso, a análise do modelo confirmou a adequação do modelo. Os resíduos não se desviaram significativamente da normalidade (teste de Shapiro-Wilk: $W = 0,971$, $p = 0,639$), e os fatores de inflação de variância (variance inflation factor VIFs) para todos os preditores ficaram abaixo de 2,0, indicando nenhuma multicolinearidade substancial.

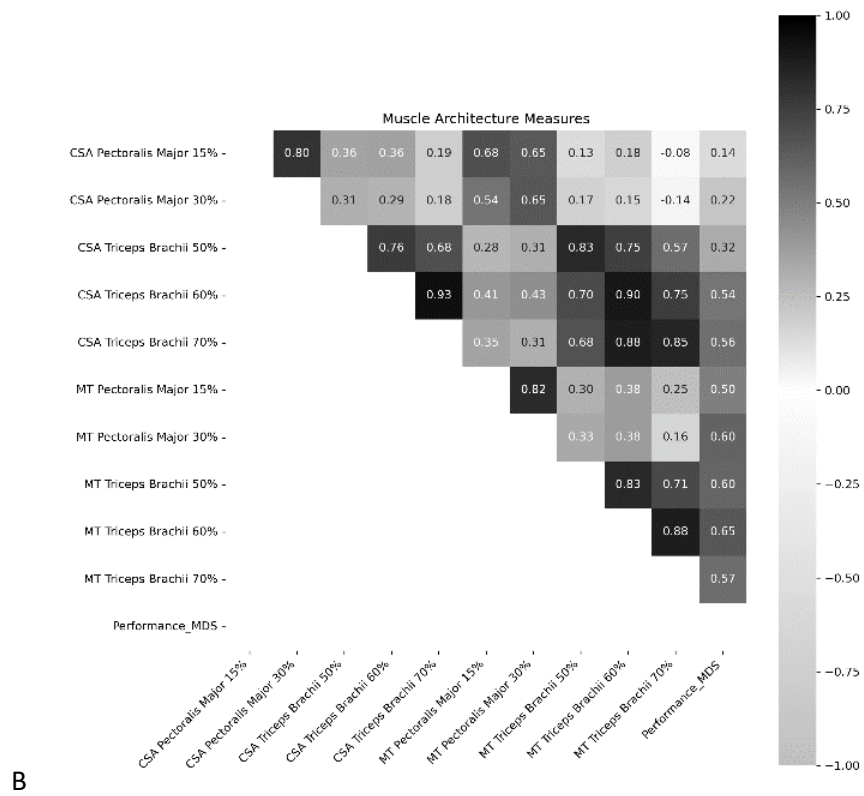
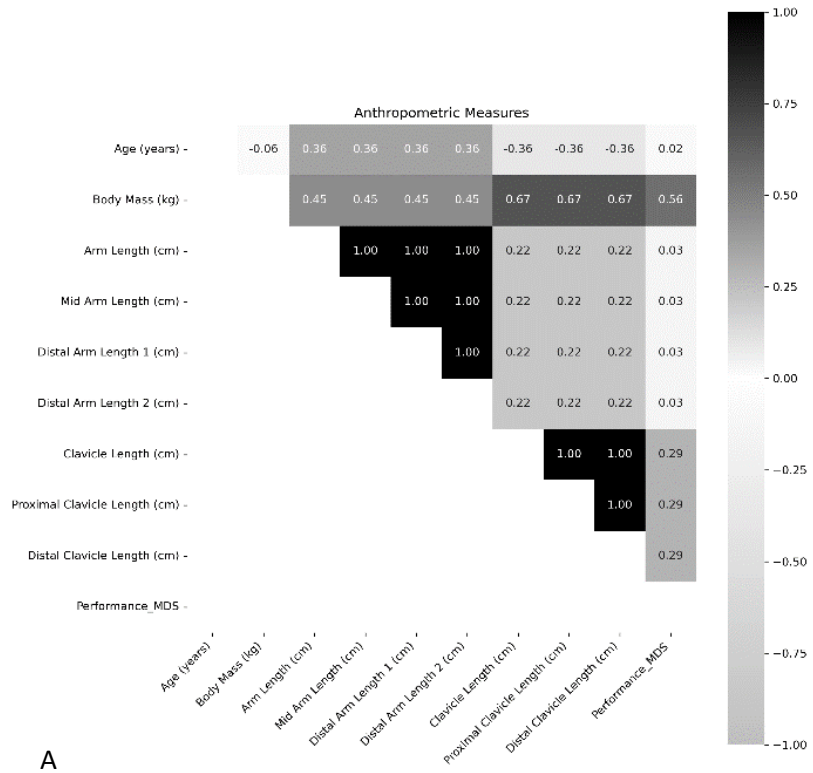
Tabela 3. Resumo final do modelo linear generalizado gama para prever o desempenho de força máxima dinâmica

Variáveis Predictoras	Estimativa (IC 95%)	Erro padrão	Valor-t	p-valor
Comprimento do braço	-0,039 (-0,072; -0,006)	0,017	-2,270	0,033
Espessura distal do peitoral	0,443 (0,184; 0,699)	0,132	3,354	0,003
Espessura distal do triceps braquial	0,290 (0,148; 0,430)	0,074	3,904	0,001

CIA = 237,46; Desviância Residual = 0,68; Pseudo $R^2 = 0,66$; Grau de liberdade = 21; Dispersão = 0,03; Log-Verossimilhança = - 113,73.

A matriz de correlações revelou multicolinearidade substancial (Figura 4). Por exemplo, o comprimento do braço, o comprimento médio do braço e o comprimento distal do braço apresentaram correlações perfeitas ou quase perfeitas ($r = 1,00$), indicando informações redundantes.

Figura 4. Matrizes de correlação de medidas antropométricas e FMD (A) e medidas de arquitetura muscular e FMD (B)



Fonte: elaboração própria.

O comprimento do braço foi negativamente associado ao desempenho ($\beta = -0,039$; $p = 0,033$), indicando que indivíduos com braços mais longos tendem a ter pior desempenho na FMD. Especificamente, cada aumento de 1 cm no comprimento do braço pode corresponder a uma redução de aproximadamente 4% no desempenho [$\exp(-0,039)=0,961$]. A EM PM_{30%} foi positivamente associada ao desempenho, com coeficiente estatisticamente significativo ($\beta = 0,2023$; $p = 0,008$). Isso indica que para cada centímetro adicional na EM do PM, espera-se que o desempenho possa aumentar em cerca de 56% [$\exp(0,443)=1,558$]. Além disso, a EM TB_{60%} também foi positivamente associada ao desempenho ($\beta = 0,290$; $p = 0,001$), podendo corresponder a um aumento aproximado de 34% no desempenho para cada aumento de centímetro [$\exp(0,229)=1,336$].

4 DISCUSSÃO – Experimento 1

O objetivo deste estudo foi investigar a magnitude da associação da arquitetura muscular regional dos músculos PM e TB no desempenho de FMD no supino em atletas de elite do PP. Os resultados do MLG mostraram associações significativas positivas entre os preditores EM PM_{30%} e EM TB_{60%} com a FMD. Explicando que para cada centímetro adicional da EM do peitoral, espera-se que o desempenho de FMD possa aumentar em aproximadamente 56%, e para cada centímetro adicional na EM do TB, espera-se que possa haver um aumento aproximado de 34% no desempenho. Em contraste, houve uma associação significativa negativa do comprimento do braço com a FMD, em particular para cada aumento de 1 centímetro no comprimento do braço corresponde a uma redução de aproximadamente 4% no desempenho. Além disso, a EM foi o parâmetro arquitetônico com maior capacidade de correlação e influência no desempenho do PP, alinhando-se com estudos anteriores que mostraram correlações entre a EM e o desempenho de FMD no supino (Brechue; Abe, 2002; Zaras *et al.*, 2016). Entretanto, a magnitude das correlações é maior em atletas de levantamento de peso (Brechue; Abe, 2002) do que em PP.

No PP, o supino é o único exercício competitivo, as categorias são divididas pela massa corporal e o desempenho é determinado pelo maior peso levantado (Dos Santos *et al.*, 2020). O PM e o TB são os principais músculos envolvidos nesta modalidade, com ativação semelhante durante o movimento de supino (Stastny *et al.*, 2017). O MLG deste estudo indica que o aumento do comprimento do braço reduz o desempenho. Esses resultados correspondem a um estudo recente que classificou que essa medida antropométrica pode influenciar o desempenho em PP (Rum *et al.*, 2024). Neste contexto, observou-se no presente estudo que EM do PM foi o parâmetro mais associado o desempenho do PP. Além disso, a EM do PM e TB apresentaram correlações significativas e grandes com o desempenho de FMD, corroborando com o estudo de Brechue e Abe (2002), que encontraram correlações ($r = 0,77$; $r = 0,81$ respectivamente $p = 0,01$ para ambas) entre a EM PM e TB com o desempenho de FMD no supino de powerlifters. Apesar da escassez de estudos sobre a associação da arquitetura no desempenho do PP, as evidências indicam que a arquitetura do PM é fundamental para o desempenho de FMD no supino (Brechue; Abe, 2002; Akagi *et al.*, 2014), mas a magnitude da associação ainda não foi quantificada. Este estudo é pioneiro na investigação da magnitude da associação da arquitetura do PM e TB no desempenho do PP. A arquitetura foi examinada em diferentes regiões do músculo e variações na EM e AST foram identificadas, sugerindo adaptações específicas resultantes do treinamento de força em atletas de alto desempenho.

Segundo Blazevich *et al.* (2006), os parâmetros arquitetônicos AP, EM e CF são distribuídos heterogeneamente por todo o músculo. Essa variação pode ser causada por fatores como ação muscular, tipo de treinamento (força vs. velocidade), ativação muscular heterogênea, bem como estímulos mecânicos internos (Blazevich *et al.*, 2003; Matta *et al.*, 2011; Benford *et al.*, 2021; Albarelho *et al.*, 2022). Entretanto, variações na arquitetura muscular em todo o músculo influenciam sua capacidade de produzir força máxima (Noorkõiv; Nosaka; Blazevich, 2015). O presente estudo encontrou correlações significativas e grandes entre AST do TB e FMD nas regiões distais do braço. O estudo de Noorkõiv; Nosaka; Blazevich, (2015) apresentou correlações significativas e positivas entre a AST do músculo vasto lateral em 30% do comprimento do fêmur (região distal) e o torque concêntrico máximo de extensão do joelho, mas não encontrou correlações positivas em 80% do comprimento do fêmur (região proximal). Nesse sentido, alterações na arquitetura muscular em diferentes regiões podem influenciar de diferentes maneiras a força transmitida ao tendão do músculo e, portanto, o torque articular (Noorkõiv; Nosaka; Blazevich, 2015). Por exemplo, no geral, regiões musculares com maior AP concentram mais fibras em uma área transversal menor, favorecendo maior produção de força (Khare *et al.*, 2023).

De acordo com os resultados do presente estudo, houve correlações significativas da EM PM_{30%} e EM PM_{15%} com a FMD. Entretanto, a EM PM_{30%} foi o parâmetro arquitetônico mais associado ao desempenho da FMD. Explicando que para cada aumento de um centímetro na EM do PM, espera-se que o desempenho possa aumentar em aproximadamente 56%. Até o momento, este é o primeiro estudo a medir a EM regional do PM por ultrassonografia em atletas PP. Estudos anteriores encontraram fortes correlações entre a EM PM ($r = 0,77$; $r = 0,81$, respectivamente, $p = 0,01$) e a FMD em levantadores de peso e homens treinados (Brechue; Abe, 2002; Zaras *et al.*, 2016). Neste contexto, a AST do PM não apresentou correlação significativa com a FMD, e pesquisas demonstram que existem correlações significativas ($r = 0,832$ $p < 0,001$) entre a AST média do PM medida no plano sagital e a FMD no supino em indivíduos não treinados (Lanza *et al.*, 2022) e entre a AST máxima do PM medida no plano transversal e a FMD no supino em atletas (Akagi *et al.*, 2014), ambas medidas por ressonância magnética. Neste estudo, a AST do PM foi medida no plano sagital por ultrassonografia panorâmica. De acordo com Hernández-Belmonte *et al.* (2022), a ultrassonografia panorâmica é válida para avaliar a AST do PM. Entretanto, este é o primeiro estudo a usar essa técnica para medir a AST regional do PM. Assim, as divergências nos resultados podem ser explicadas parcialmente por diferenças metodológicas, como por exemplo tipo de medidas, instrumentos e especificidades da amostra. No presente estudo, as medições

de AST do PM a 15% e 30% apresentaram excelentes valores de confiabilidade de 0,982 e 0,983, respectivamente. Entretanto, vale ressaltar que, diferentemente de estudos anteriores com pessoas sem deficiência (Akagi *et al.*, 2014; Lanza *et al.*, 2022), este estudo envolveu atletas com deficiência física, cujas limitações funcionais envolvendo a execução do supino paralímpico podem influenciar de forma diferente as adaptações da arquitetura muscular e sua associação com o desempenho. O supino paralímpico é mais instável que o supino convencional porque não há apoio para os pés. Essa instabilidade altera a magnitude da ativação dos grupos musculares envolvidos em atleta com deficiência em comparação com aquele sem deficiência (Gólas *et al.*, 2017). Por exemplo, há maior ativação do PM e TB em atleta com deficiência do que naquele sem deficiência ao realizar o supino com carga progressiva (Gólas *et al.*, 2017). Além disso, o TB apresenta maior ativação que o PM na execução do supino paralímpico (Teles *et al.*, 2021), o que poderia afetar as adaptações da arquitetura muscular neste grupo (Albarelho *et al.*, 2022) e, conseqüentemente, a influência de cada músculo no desempenho de FMD. Assim, a ausência de correlação significativa entre algumas variáveis neste estudo pode estar parcialmente relacionada a ao nível de contribuição da região específica do músculo no desempenho do supino paralímpico.

No presente estudo, o MLG diagnosticou uma associação significativa entre a EM TB 60% e o desempenho, relação que apresentou um coeficiente estimado positivo ($\beta = 0,290$) correspondendo a um potencial aumento de aproximadamente 34% no desempenho para cada centímetro de aumento na EM do TB. A literatura anterior não apresenta a magnitude da associação da arquitetura do TB na FMD, pois os resultados de estudos anteriores são baseados em análises de correlação (Brechue; Abe, 2002; Zaras *et al.*, 2016). Por exemplo, foram encontradas correlações significativas ($r = 0,81$; $p < 0,01$) entre a EM da cabeça longa do TB 60% e a FMD no supino em powerlifters (Brechue; Abe, 2002), e correlações ($r = 0,530$; $p < 0,05$) da EM do TB com o desempenho de 1RM no supino em homens treinados (Zaras *et al.*, 2023). Entretanto, neste último estudo os autores não especificaram o local exato onde a arquitetura muscular foi medida. No entanto, de acordo com os resultados desta pesquisa, a EM do TB pode ser considerada um bom preditor de desempenho em atletas do PP, juntamente com a EM do PM. Este estudo encontrou correlações moderadas entre o AP TB 60% e FMD. Zaras *et al.* (2023) também observaram correlações moderadas ($r = 0,412$ $p < 0,05$) entre esses fatores em indivíduos treinados. Além disso, não houve correlação significativa entre CF TB 60% e FMD, indicando que este parâmetro não afeta o desempenho no PP. Da mesma forma, Stasinaki *et al.* (2018) mostraram que, em mulheres não treinadas, o aumento do CF TB 50% revelou uma

correlação negativa com a FMD no supino, reforçando que o CF não é relevante para esse desempenho.

O PM e o TB contribuem de forma semelhante para o desempenho do supino (Stastny *et al.*, 2017). Em atletas do PP, parece não haver consenso sobre a magnitude da ativação desses músculos. O estudo de Teles *et al.* (2021) identificou maior ativação do TB em relação ao PM e deltoide anterior em atletas do PP, principalmente em intensidades de 40% a 90% de 1RM. Neste contexto, Aidar *et al.* (2021) encontraram predominância da ativação do TB durante diferentes subfases da ação concêntrica do supino paralímpico, embora sem diferenças significativas entre os músculos analisados. Em contraste, Da Silva *et al.* (2022) encontraram maior ativação do PM do que do TB nas subfases do supino paralímpico. Além disso, houve maior ativação do PM do que do TB no desempenho de FMD no PP (Borges *et al.*, 2014). Esses resultados reforçam que o PM e o TB são altamente exigidos durante o supino em intensidades máximas no PP.

Entretanto, a hipótese de que a EM da região distal do músculo TB estaria mais associada ao desempenho de FMD no supino não foi confirmada. Este estudo apresenta limitações como o pequeno tamanho amostral, que impediu a formação de grupos por tipo de deficiência e, portanto, saber se a arquitetura muscular seria diferente entre os atletas e em relação ao desempenho, e a inclusão apenas de atletas do sexo masculino, embora o esporte também tenha mulheres. Além disso, outros fatores podem influenciar a produção de FMD no PP, como por exemplo os fatores neurais, e esse experimento limitou-se em verificar a magnitude de ativação eletromiográfica dos músculos. Portanto, deve-se considerar em futuros estudos, o uso de eletromiografia e outras técnicas para investigar a hipertrofia regionalizada e sua relação com o desempenho de FMD, visando explicar por que determinadas regiões musculares apresentam maior associação com o desempenho. Até o momento, este estudo é pioneiro na análise da magnitude da associação da arquitetura muscular regional dos músculos PM e TB no desempenho do PP. Portanto, treinadores e pesquisadores são aconselhados a avaliar a arquitetura muscular regional do PM e TB de atletas de PP, e encorajados no desenvolvimento de estudos longitudinais e programas de treinamento voltados ao aprimoramento da arquitetura desses músculos, especialmente do PM, pois aumentar a EM do PM pode ser crucial para melhorar o desempenho no PP.

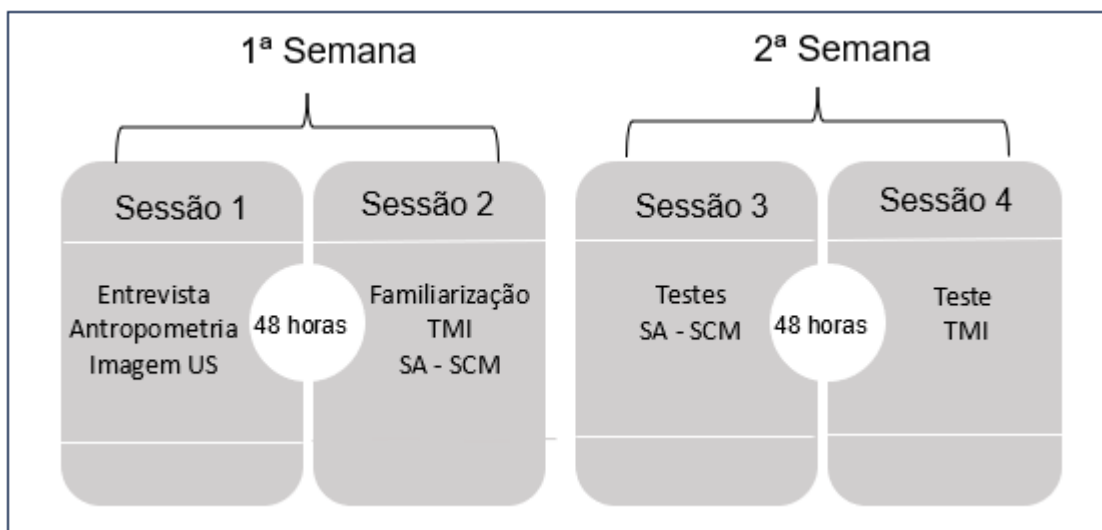
5 CONCLUSÃO – Experimento 1

Conclui-se que a arquitetura muscular regional do PM e do TB está significativamente correlacionada com o desempenho de FMD no PP. Entretanto, a EM da região distal desses músculos é o parâmetro com maior magnitude de associação no desempenho do PP, especialmente a EM da região distal do PM, que apresentou maior capacidade de associação no desempenho.

5.1 Abordagem experimental do problema – Experimento 2

Este é um estudo transversal com análise comparativa realizado ao longo de um período de duas semanas, na ausência de qualquer treinamento extenuante e competição para os atletas. A primeira semana foi dividida em duas sessões, com a sessão 1 destinada à entrevista dos participantes, avaliação de medidas antropométricas e aquisição de imagens de ultrassom. Após um intervalo mínimo de 48 horas, a sessão 2 envolveu a familiarização com o teste de TMI no banco de extensão de joelhos e com o salto agachado (SA) e com contramovimento (SCM), que foram usados para avaliar a altura do salto. A segunda semana também foi dividida em duas sessões: sessão 3, com avaliação da altura do SA e SCM, e após 48 horas, sessão 4, com o teste de TMI. A Figura 2 ilustra o delineamento do estudo.

Figure 5. Desenho experimental



Legenda: US = ultrassom; TMI = torque máximo isométrico; SA = salto agachado; SCM = salto com contramovimento.

Fonte: elaboração própria.

5.1.2 Participantes – Experimento 2

O tamanho da amostra foi estimado utilizando o software Gpower versão 3.1.9.7 (Düsseldorf, Alemanha), aplicando-se o teste t para amostras independentes, com nível de significância de $\alpha = 0,05$, poder estatístico de 80% e tamanho do efeito (TE) de 1,18 encontrado na comparação da EM do VL em atletas (Blazevich *et al.*, 2003). O cálculo gerou um tamanho amostral mínimo de 26 indivíduos. Treze atletas de taekwondo do sexo masculino, com idade de $20,92 \pm 3,09$ anos, massa corporal de $76,40 \pm 12,86$ kg, percentual de gordura corporal de $12,57 \pm 1,82\%$, altura de $1,79 \pm 0,08$ m e tempo de experiência na modalidade de $7,83 \pm 4,79$ anos; e 13 corredores de atletismo do sexo masculino, com idade de $20,76 \pm 3,46$ anos, massa corporal de $70,41 \pm 12,39$ kg, percentual de gordura corporal de $11,42 \pm 2,17$ G%, altura de $1,76 \pm 0,06$ m e tempo de experiência na modalidade de $5,06 \pm 2,90$ anos participaram deste estudo. Os seguintes critérios de inclusão foram adotados: ser do sexo masculino, ter pelo menos três anos de experiência competitiva no esporte em nível nacional ou internacional e uma frequência de treinamento de cinco sessões por semana. Neste estudo, dois atletas de taekwondo foram campeões estaduais, um foi terceiro colocado estadual e regional, dois campeões regionais, dois atletas campeões nacionais (um na categoria Tk3), um atleta foi terceiro colocado nacional e um atleta foi campeão mundial na categoria Tk3. Os outros atletas de taekwondo participaram de competições regionais e nacionais nos últimos anos. Os corredores de atletismo incluíram seis corredores de 100 m (um campeão estadual e um vice-campeão estadual), três corredores de 400 m (um campeão nacional e sul-americano, um vice-campeão estadual e um terceiro colocado estadual), um corredor de 800 m (campeão estadual e vice-campeão nacional), dois corredores de 1500 m e um atleta de decatlo (campeão nacional e sul-americano). Toda a coleta de dados foi realizada sem períodos competitivos ou treinamentos extenuantes.

5.1.3 Procedimentos – Experimento 2

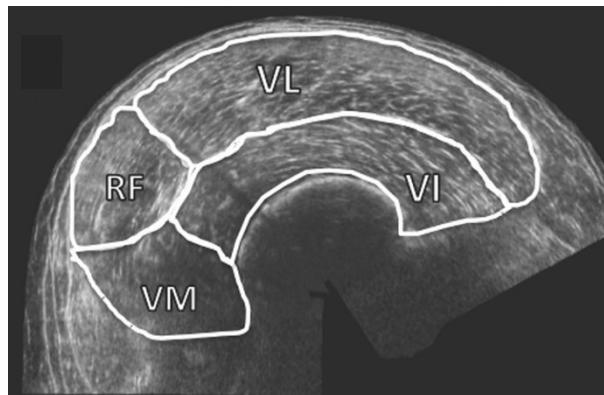
Na sessão 1 da primeira semana, os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e participaram da anamnese para verificar os critérios de inclusão para participação neste estudo. Em seguida, foram realizadas medidas antropométricas. A massa corporal foi determinada em uma balança digital calibrada G Tech Glass 8 (GTech, Santos, SP, Brasil), graduada de zero a 150 kg e com precisão de 0,1 kg. A estatura foi aferida utilizando-se um estadiômetro compacto, modelo ES

2040 (Sanny, São Paulo, SP, Brasil), fixado na parede, com capacidade de 2,0 m e precisão de 0,1 cm. Para o cálculo do percentual de gordura corporal (%G) foi utilizado o protocolo com 7 dobras cutâneas (Jackson; Pollock, 1978), as medidas em duplicata foram realizadas utilizando-se um adipômetro científico da marca Sanny® (Sanny, São Paulo, SP, Brasil). O comprimento dos membros e a distribuição muscular para avaliação da arquitetura muscular foram determinados usando marcos anatômicos e serão detalhados posteriormente.

5.1.4 Arquitetura muscular regional

Partindo do princípio de que o quadríceps femoral é formado por quatro músculos, neste experimento o foco foi nos músculos RF e VL (Figura 6).

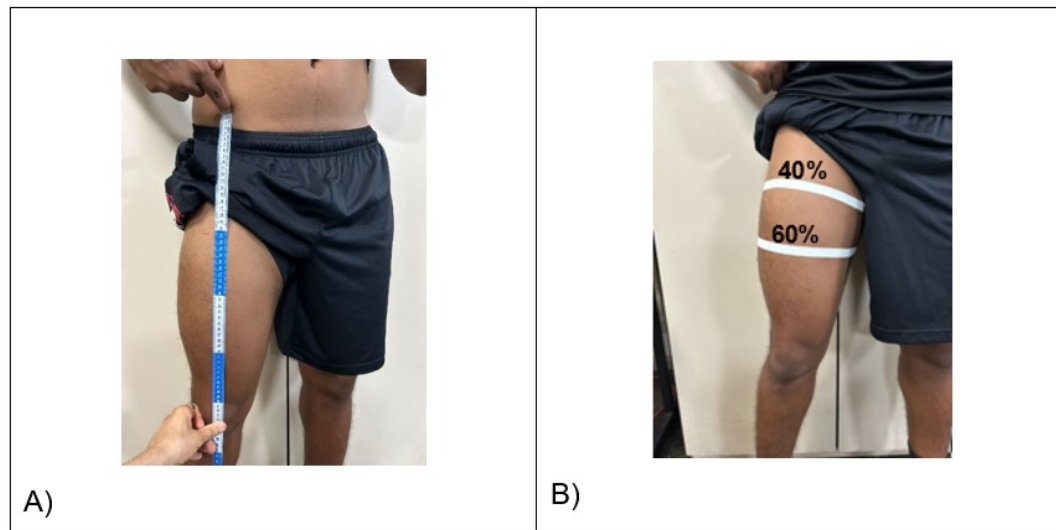
Figura 6. Imagem ilustrativa dos músculos do quadríceps femoral



Fonte: Earp *et al.*, (2015).

Na sessão 1 da primeira semana, os parâmetros de arquitetura muscular AST, CF e AP dos músculos RF e VL do membro dominante foram obtidos usando imagens de ultrassom panorâmica modo b através de um ultrassom portátil (Vinno® Q5-7L, China) com um transdutor de matriz linear de 5 cm. O equipamento foi configurado com frequência de 10 MHz, taxa de aquisição de 21 quadros.s⁻¹, profundidade de captura de imagem de 5,5 a 6,5 cm e ganho entre 50% a 60% dB. As configurações foram ajustadas para cada voluntário para produzir as imagens mais nítidas para seus respectivos músculos. Para registrar as imagens dos músculos RF e VL, pontos de referência foram definidos na parte anterior da coxa e marcados com fita micropore (Nexcare Bege, Sumaré, SP, Brasil), ambos os músculos foram medidos a 40% e 60% (RF_{40%}, RF_{60%}, VL_{40%} e VL_{60%}) da distância entre a espinha ilíaca anterossuperior e a borda superior da patela (Figura 5A e 5B) (Noorkõiv *et al.*, 2010).

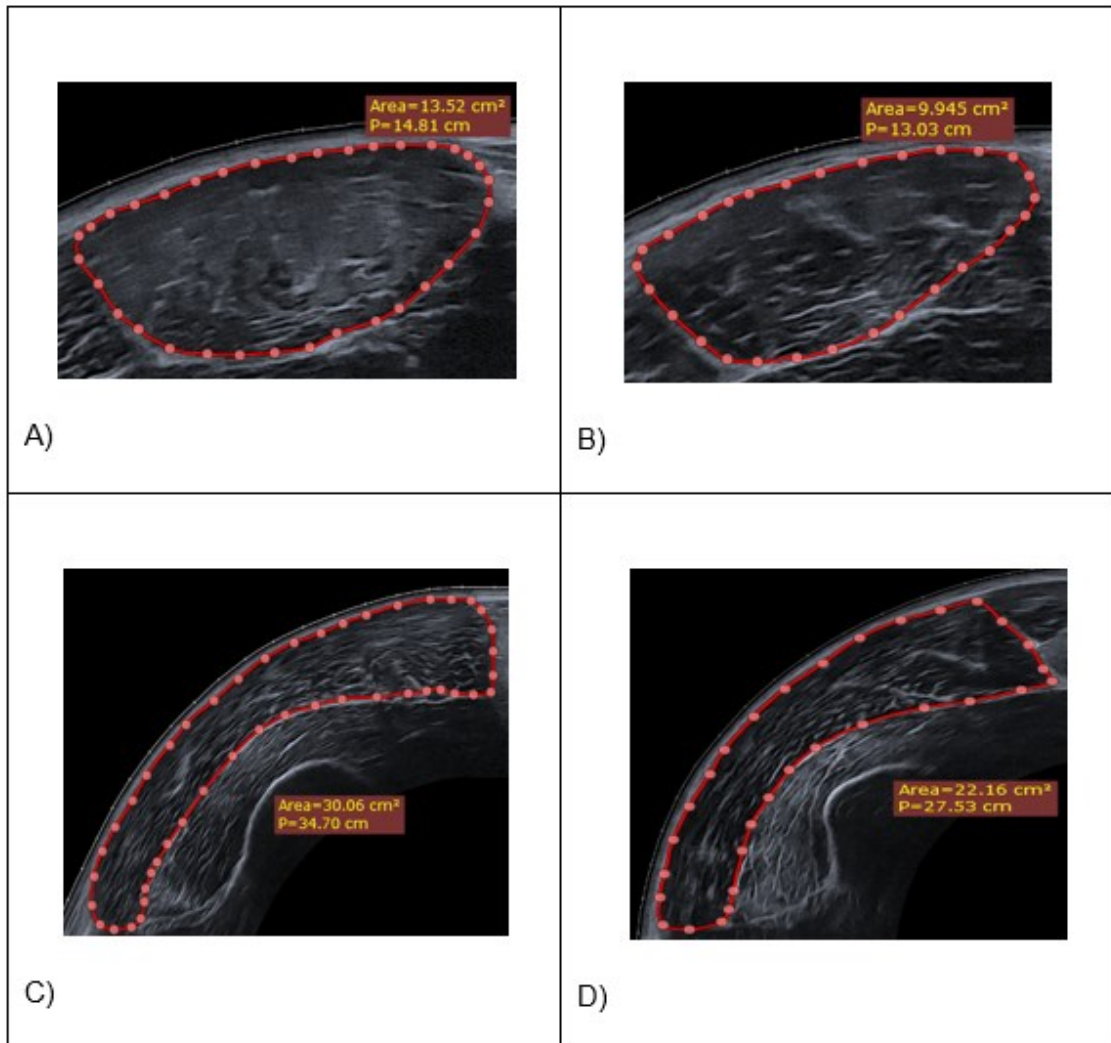
Figura 7. Procedimento de marcação da coxa (A e B)



Fonte: elaboração própria.

As imagens de ultrassonografia foram gravadas com os voluntários deitados na maca, em decúbito dorsal, com a perna dominante estendida e relaxada por 15 minutos para permitir a estabilização das mudanças de fluidos (Lacerda *et al.*, 2020). O transdutor de ultrassom foi então revestido com um gel solúvel em água para acoplamento acústico e posicionado sobre a pele sem pressionar a superfície dérmica. As imagens panorâmicas transversais foram coletadas com o transdutor percorrendo toda a circunferência anterior da coxa em velocidade constante, da região medial para a lateral, a fim de delimitar a AST RF 40%, AST RF 60%, AST VL 40% e AST VL 60% (Noorkõiv *et al.*, 2010). Em seguida, imagens ultrassonográficas longitudinais foram obtidas do músculo VL para avaliação do CF e AP. As imagens foram consideradas válidas quando vários fascículos puderam ser contornados sem interrupção na imagem (Lanferdini *et al.*, 2023). As imagens foram analisadas utilizando o software visualizador RadiAnt DICOM (versão 1.9.16, 64 bits, Poznan, Polônia). Para medir a AST, o operador traçou manualmente os contornos dos músculos, e o software calculou automaticamente a área contornada. O CF do VL foi aceito como o comprimento fascicular entre as aponeuroses superficial e profunda na região do maior ventre do músculo VL, e o AP do VL foi calculado entre o fascículo muscular e a aponeurose profunda. Duas imagens foram coletadas e analisadas para cada região dos músculos RF e VL pelo mesmo avaliador, o avaliador analisou cada imagem duas vezes, a fim de calcular a confiabilidade intra-avaliador das medidas usando o coeficiente de correlação intraclassa (CCI). Foram encontradas as seguintes faixas: AST RF 40% e AST RF 60% (ICC = 0,978 e 0,956), AST VL 40% e AST VL 60% (ICC = 0,937 e 0,945), CF VL (ICC = 0,853) e AP VL (ICC = 0,955).

Figure 8. Imagens de ultrassom da área de secção transversa do reto femoral a 40% e 60% da espinha íliaca anterossuperior a borda superior da patela (AST RF_{40%} - AST RF_{60%}) em (A e B); área de secção transversa do vasto lateral a 40% e 60% da espinha íliaca anterossuperior a borda superior da patela (AST VL_{40%} - AST VL_{60%}) em (C e D)

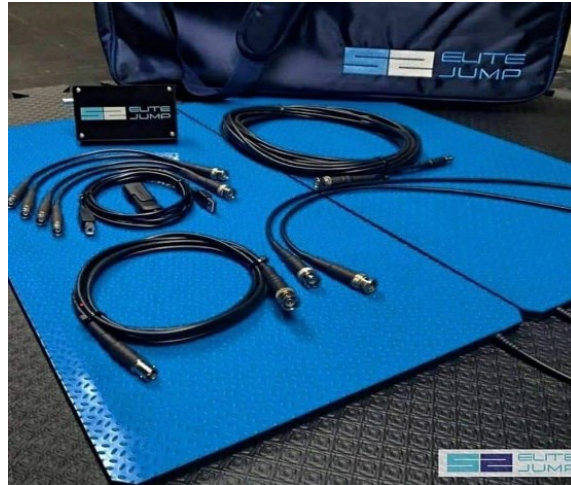


Fonte: elaboração própria.

5.1.5 Salto agachado e com contramovimento (SA e SCM)

Na sessão 3 na segunda semana, foi avaliado o desempenho da altura máxima do SA e SCM utilizando o tapete de contato (Elite Jump System, versão 2.10, S2 Esporte, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 7).

Figura 9. Imagem ilustrativa do tapete de contato



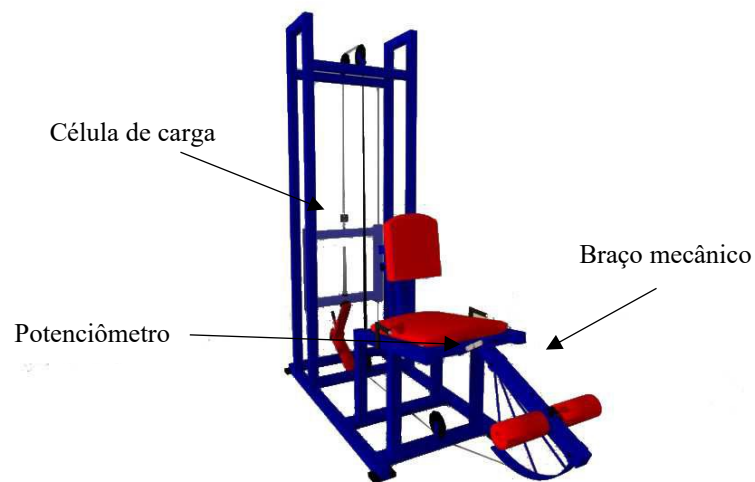
Fonte: <https://www.drathayde.com.br/procedimentos/>.

A altura do salto vertical (h) foi determinada a partir do tempo de voo (t) no tapete de contato (Bosco, 1983). Antes do teste de salto vertical, os voluntários realizaram um aquecimento padronizado que incluía uma corrida moderada auto selecionada e cinco minutos de saltos verticais submáximos (Loturco *et al.*, 2017). Para executar o SA, o atleta ficava em pé sobre o tapete de contato, com o peso distribuído igualmente nos dois pés e com as mãos abraçando o quadril, ao ouvir o comando “pronto”, o atleta agachava, flexionando os joelhos em um ângulo aproximado de 90° , permanecendo imóvel por 2 segundos, e após o comando “já” executava o SA o mais alto possível, mantendo sempre o joelho estendido. O SCM foi realizado após um único comando, “vai”, em pé, seguido de um agachamento para impulsionar o salto vertical. Foram feitas três tentativas para cada salto, intercaladas com intervalos de 60 segundos. As maiores tentativas do SA e do SCM foram utilizadas para análise estatística (Loturco *et al.*, 2017).

5.1.6 Torque máximo isométrico (TMI)

Na sessão 4 na segunda semana, o teste de TMI obtido através da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) foi realizado em um banco extensor de joelho (Figura 7). O dispositivo mediu o ângulo usando um potenciômetro e a força aplicada à célula de carga TEDEA Tipo S, que suporta até 500 kg.

Figura 10. Imagem ilustrativa do banco extenso de joelhos



Fonte: arquivo LAMUSC.

Todos os sinais foram sincronizados e convertidos em sinais digitais por uma placa A/D (BIOVISION, Alemanha) com 14 bits e uma faixa de entrada de -5 a +5 volts. O programa DasyLab (DASYLAB 11.0, Irlanda) foi utilizado para aquisição e processamento de todos os sinais, com uma frequência de amostragem de 2.000 Hz (Diniz *et al.*, 2021). O teste de TMI foi realizado com o voluntário sentado em um aparelho extensor de joelho (Master, Minas Gerais, Brasil), com o ângulo quadril-coxa fixado em 110° e o joelho posicionado a 70° de flexão (0° = extensão total). O aparelho permitiu o ajuste do encosto do banco, possibilitando o alinhamento do eixo de rotação dos joelhos com o eixo de rotação do aparelho, além de permitir que a almofada plantar ficasse próxima à região do tornozelo. Os voluntários realizaram três tentativas com duração de 5 segundos cada, intercaladas com intervalos de 180 segundos (Lacerda *et al.*, 2020). Como o torque muscular representa o produto da força aplicada pela distância entre o ponto de aplicação da força e o eixo de rotação (Hall, 2016), este estudo optou por utilizar o TMI. Para determinar o TMI, os participantes exerceram força máxima contra a alavanca fixa do dispositivo, e o TMI foi calculado como o produto da força máxima pela distância da almofada ao eixo de rotação. O maior TMI foi utilizado para análise estatística (Lacerda *et al.*, 2020).

5.1.7 Análise estatística

O tratamento estatístico foi realizado utilizando o pacote informatizado Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 22. Foram utilizadas medidas de Média \pm

Desvio Padrão ($M \pm DP$). A normalidade da distribuição e a homogeneidade da variância foram confirmadas pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Para comparar as médias entre os grupos das variáveis idade, altura, massa corporal, percentual de gordura corporal, anos de experiência e dos parâmetros de arquitetura muscular AST, CF e AP, bem como das variáveis de força TMI, SA e SCM, foi utilizado o teste t para amostras independentes. A confiabilidade das medições foi determinada usando o CCI. Os CCIs foram calculados usando um modelo de efeitos aleatórios bidirecional com concordância absoluta apropriada para avaliar a confiabilidade do teste-reteste (Weir, 2005). Para relatar o TE, foi utilizado o teste d de Cohen, considerando as seguintes classificações: efeito insignificante ($< 0,19$), efeito pequeno ($0,20-0,49$), efeito médio ($0,50-0,79$), efeito grande ($0,80-1,29$), efeito muito grande ($> 1,30$) (Cohen, 1988). O nível de significância adotado foi de 0,05.

6 RESULTADOS – Experimento 2

A Tabela 4 apresenta os resultados das comparações da idade, altura, massa corporal, percentual de gordura corporal e anos de experiência entre os atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Não houve diferenças significativas entre os grupos ($p > 0,05$).

Tabela 4. Comparação das variáveis idade, altura, MC, %G e anos de experiências

Variáveis	Taekwondo (n = 13) $\bar{x} \pm SD$	Atletismo (n = 13) $\bar{x} \pm SD$	p
Idade (anos)	20,92 \pm 3,09	20,76 \pm 3,46	0,906
Altura (m)	1,79 \pm 0,08	1,76 \pm 0,06	0,328
MC (kg)	76,40 \pm 12,86	70,41 \pm 12,39	0,552
%G	12,57 \pm 1,82	11,42 \pm 2,17	0,158
Experiência (anos)	7,83 \pm 4,79	5,06 \pm 2,90	0,088

Legenda: MC = massa corporal; %G = percentual de gordura.

A Tabela 5 mostra os resultados das comparações do TMI de extensão do joelho, tempo para TMI, desempenho de SA e SCM entre atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para o TMI ($p = 0,865$; TE = 0,07) e tempo até o TMI ($p = 0,066$; TE = 0,76). No entanto, houve diferenças significativas ($p = 0,036$; TE = 0,87) na altura do SA, na qual os corredores de atletismo alcançaram uma altura do SA maior quando comparados aos atletas de taekwondo. Além disso, houve diferenças significativas na altura do SCM entre os grupos ($p = 0,047$; TE = 0,82) em que corredores de atletismo apresentaram valores maiores do que atletas de taekwondo.

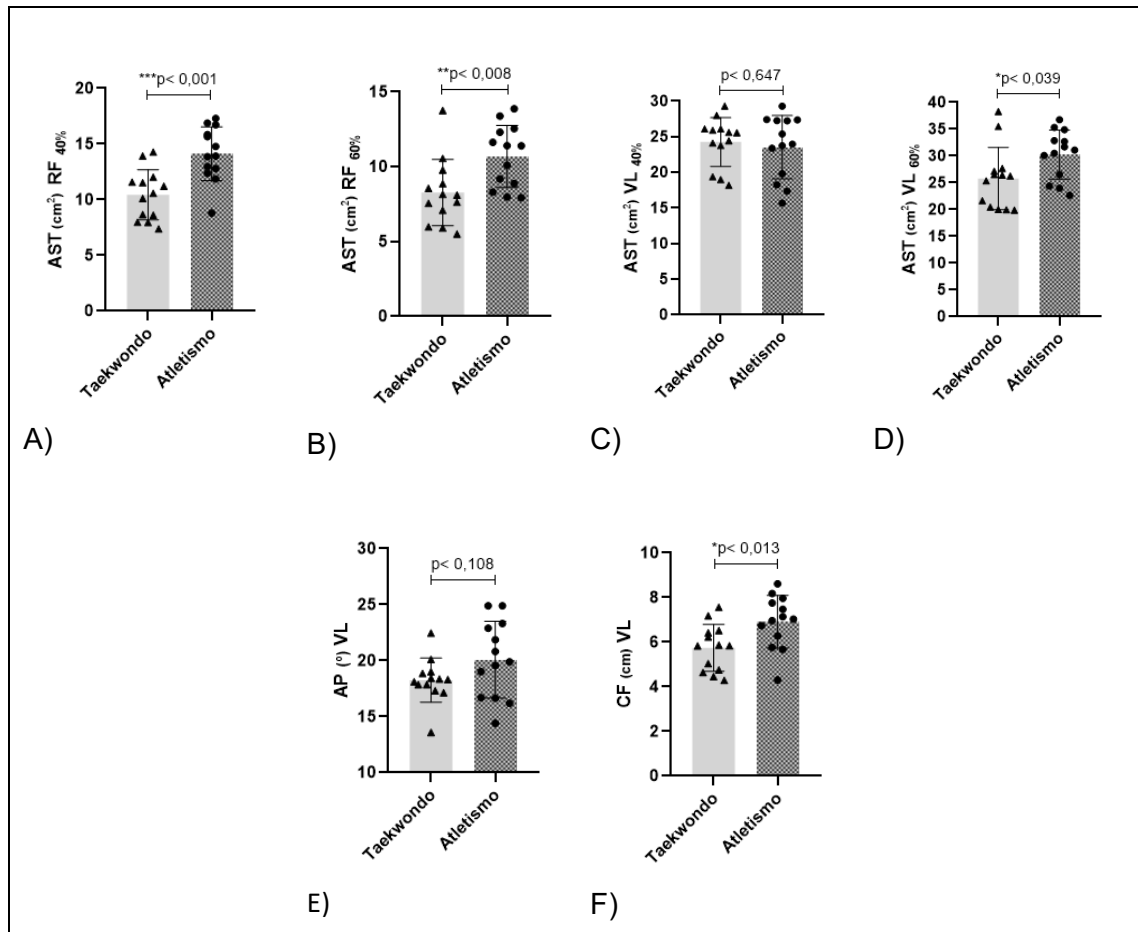
Tabela 5. Comparação de torque máximo isométrico de extensão de joelhos e desempenho de salto agachado e com contramovimento

Variáveis	Taekwondo (n =13) $\bar{x} \pm SD$	Atletismo (n = 13) $\bar{x} \pm SD$	p	TE
TMI (N.m)	524,52 \pm 150,03	533,06 \pm 97,30	0,865	0,07
Tempo TMI (s)	2,85 \pm 1,08	3,67 \pm 1,09	0,066	0,76
SA (cm)	39,06 \pm 6,07	45,07 \pm 7,65	0,036*	0,87
SCM (cm)	43,72 \pm 6,41	50,34 \pm 9,42	0,047*	0,82

TMI = torque máximo isométrico; SA = salto agachado; SCM = salto com contramovimento; * $p < 0,05$; TE = tamanho do efeito.

A Figura 11 apresenta os resultados das comparações da arquitetura muscular regional entre atletas dos grupos de taekwondo e corredores de atletismo. Considerando o tamanho muscular, diferenças significativas foram encontradas entre os grupos para AST RF 40% e AST RF 60% ($p = 0,001$; TE = 1,58, $p = 0,008$; TE = 1,13, respectivamente). Corredores de atletismo apresentaram maior AST RF 40% e AST RF 60% quando comparados aos atletas de taekwondo. Além disso, houve diferenças significativas ($p = 0,039$; TE = 0,86) na AST VL 60% ($p = 0,039$; TE = 0,86), em que corredores de atletismo apresentaram maior AST VL 60% do que os atletas de taekwondo. No entanto, não houve diferenças significativas para AST VL 40% entre ambos os grupos ($p = 0,647$; TE = 0,18). Além disso, a análise não revelou diferenças significativas para AP do VL entre ambos os grupos ($p = 0,108$; TE = 0,65). No entanto, houve diferenças significativas do CF do VL ($p = 0,013$; TE = 1,05), com corredores de atletismo apresentando CF mais longo do que atletas de taekwondo.

Figura 11. Comparação da arquitetura muscular entre atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Área de secção transversa do reto femoral a 40% e 60% da espinha ilíaca anterossuperior a borda superior da patela (AST RF 40% - AST RF 60%) em (A e B); área de secção transversa do vasto lateral a 40% e 60% da espinha ilíaca anterossuperior a borda superior da patela (AST VL 40% - AST VL 60%) em (C e D); ângulo de penação do vasto lateral (AP VL) em (E) e comprimento do fascículo do vasto lateral (CF VL) em (F)



Fonte: elaboração própria.

7 DISCUSSÃO – Experimento 2

Este estudo teve como objetivo comparar a arquitetura muscular regional e o desempenho de força entre atletas de elite de taekwondo e corredores de atletismo. Os principais resultados deste estudo mostraram que a arquitetura regional, exceto o AP, dos músculos VL e RF é significativamente maior em corredores de atletismo do que em atletas de taekwondo. Além disso, os saltos verticais diferiram significativamente entre os grupos, com corredores de atletismo saltando mais alto do que os atletas de taekwondo. Portanto, a hipótese de que há diferenças na arquitetura muscular regional e no desempenho de força em favor de corredores de atletismo quando comparados a atletas de taekwondo foi parcialmente confirmada. Este é o primeiro estudo a comparar a arquitetura muscular regional e o desempenho de força entre atletas de taekwondo e corredores de atletismo, onde ambos os atletas utilizam ativamente os músculos dos membros inferiores para suas ações esportivas. Embora ambas as populações atléticas dependam fortemente da função muscular dos membros inferiores, elas diferem acentuadamente em padrões de movimento, demandas de treinamento e objetivos de desempenho. Portanto, examinar como a arquitetura muscular e o desempenho de força se adaptam nesses contextos distintos fornece insights sobre as adaptações neuromusculares específicas destes esportes.

No presente estudo, a arquitetura muscular regional foi avaliada e analisada por um único avaliador experiente nos músculos RF e VL, e foram encontradas as seguintes faixas de confiabilidade: AST RF_{40%} e AST RF_{60%} ICC = 0,978 e 0,956, AST VL_{40%} e AST VL_{60%} ICC = 0,937 e 0,945, CF VL ICC = 0,853 e AP VL ICC = 0,955, o que de fato permite classificar as medidas de forma excelente. Assim, corredores de atletismo apresentaram maior AST RF_{40%} e AST RF_{60%} do que atletas de taekwondo. Além disso, este estudo também revelou maior AST VL_{60%} em corredores de atletismo do que em atletas de taekwondo, mas a AST VL_{40%} não diferiu entre os atletas. Isso indica que a resposta da AST muscular varia dependendo da região analisada. No entanto, as diferenças no tamanho da AST a favor de corredores de atletismo podem ser atribuídas às demandas físicas específicas do esporte. Uma possível explicação para maior AST em corredores do atletismo pode estar associada à necessidade de movimentar mais peso (massa corporal) em maior velocidade possível, pois a força máxima é um fator determinante para atingir altas velocidades quando a resistência externa a ser superada é alta (Schmidtbleicher, 1992) e está correlacionada a uma maior AST (Lanza *et al.*, 2022), assim os resultados do presente estudo reforçam esse argumento. No entanto, Ciftçi *et al.* (2024) não encontraram diferenças significativas na AST entre atletas de taekwondo e atletismo. Esse

resultado divergente pode estar relacionado às diferenças metodológicas: enquanto o presente estudo utilizou atletas de elite, corredores de atletismo e atletas de taekwondo, Ciftçi *et al.* (2024) utilizaram atletas amadores de ambas as modalidades e não relataram a especialidade dos atletas de atletismo. Além disso, a avaliação da AST foi realizada em uma única região muscular, o que pode ser considerado uma limitação, quando o objetivo é ter melhor compreensão de adaptação de AST muscular. Assim, o nível de treinamento (experiência na modalidade) do atleta pode ser um fator específico para a diferenciação da AST, pois atletas de elite geralmente apresentam maior AST do que atletas amadores (Methenitis *et al.*, 2016). Além disso, as diferenças no tamanho da AST em favor de corredores de atletismo também podem ser atribuídas as ações específicas da corrida, por exemplo, o treinamento de corrida é caracterizado por ações repetidas de propulsão, impulsão, aceleração e desaceleração, essas ações podem gerar uma demanda mecânica muscular diferente, devido aos músculos do quadríceps femoral serem exercitados com mais frequência e submetidos a ações contínuas durante a corrida, quando comparados às ações de atletas de taekwondo. Além disso, alguns fatores relacionados ao treinamento de força, como ação muscular, estímulos de treinamento (força versus velocidade) e ativação muscular heterogênea podem causar diferentes adaptações da AST muscular regional (Blazevich *et al.*, 2003; Wakahara *et al.*, 2013; Benford *et al.*, 2021). Apesar deste estudo não ter consultado o nível de treinamento de força dos atletas, geralmente atletas de atletismo treinam força em intensidades máximas, enquanto atletas de taekwondo realizam exercícios de força em baixas intensidades, priorizando a velocidade máxima do movimento (Kavvoura *et al.*, 2018). O fato é que alterações na AST muscular regional podem afetar de forma diferente a magnitude da transmissão de força ao tendão muscular e, conseqüentemente, o torque articular de movimentos específicos (Noorkõiv; Nosaka; Blazevich, 2015). Por exemplo, uma alteração na AST na região distal do músculo VL apresenta correlação significativa positiva ($r = 0,93$; $p = 0,001$) com o torque máximo de extensão do joelho, porém uma alteração na AST na região proximal correlaciona-se negativamente ($r = -0,70$; $p = 0,05$) com o torque muscular (Noorkõiv *et al.*, 2015). Isso sugere que o torque articular de alguns movimentos específicos de atletas pode ser influenciado pela localização da alteração na arquitetura muscular. No entanto, as diferenças nas adaptações da arquitetura muscular regional entre os atletas deste estudo podem estar associadas tanto às demandas físicas específicas de cada modalidade, quanto ao treinamento de força no qual os atletas são submetidos.

Com base nos resultados desta pesquisa, vale destacar que, em atletas de taekwondo e corredores de atletismo, a região distal do músculo VL parece ser mais sensível às alterações

arquitetônicas causadas pelo treinamento, visto que em 40% (região proximal) não houve diferença entre os grupos na AST. Isso pode ser uma resposta específica à magnitude da hipertrofia regionalizada, visto que a região distal do VL pode ser mais exigida durante as ações motoras dos atletas. Além disso, estudos anteriores indicam que diferentes estímulos de treinamento e ênfase em ações musculares concêntricas ou excêntricas podem alterar a AST e a EM regionalmente diferente dos músculos do quadríceps (Kanehisa *et al.*, 2003; Blazevich *et al.*, 2003; Earp *et al.*, 2015; Benford *et al.*, 2021). Principalmente da região distal do RF e VL (Kanehisa *et al.*, 2003; Earp *et al.*, 2015).

No presente estudo, o CF do VL foi significativamente diferente entre os grupos, corredores de atletismo apresentaram fascículos mais longos do que os atletas de taekwondo. Isso pode ser parcialmente explicado pela demanda específica da modalidade, a forma como o CF é exigido durante os movimentos, por exemplo, corredores trabalham o componente fascículo alongando e encurtando ao longo de maior amplitude de movimento, enquanto atletas de taekwondo usam o CF de forma mais encurtado, principalmente no momento do chute, isso pode fazer o CF se adaptar de forma diferente entre esses atletas. O CF refere-se ao comprimento e o número de sarcômeros em séries (Fanchi *et al.*, 2017; Salimim, 2018), e músculos com CF mais longo são vantajosos para a produção de força durante movimentos rápidos porque sofrem menos encurtamento do que músculos com CF mais curto (Khare *et al.*, 2023), o que pode ser uma vantagem para ações que exigem movimentos rápidos e explosivos, como os sprints de atletismo. Em contraste, o CF do VL não diferiu entre atletas dessas modalidades em outros estudos (Kavvoura *et al.*, 2018; Ciftçi *et al.*, 2024). O estudo anterior de Kumagai *et al.* (2000) mostrou que o CF do VL está correlacionado ($r = -0,43$; $p = 0,01$) com o melhor tempo de corrida em uma corrida de 100 metros, e corredores mais rápidos apresentaram maior CF do que corredores mais lentos. Entretanto, as alterações no CF também podem ser devido ao tipo de treinamento de força, especialmente o treinamento de força excêntrico (Franchi *et al.*, 2017). Um achado interessante deste estudo é que o AP do VL foi o único parâmetro arquitetônico que não diferiu entre os grupos investigados, contrariando os resultados encontrados no estudo de Kavvoura *et al.* (2018), que encontrou maior AP do VL em arremessadores quando comparados aos atletas de taekwondo, e no estudo de Ciftçi *et al.* (2024) que observou maior AP do RF em favor dos atletas de taekwondo. Segundo esses autores o RF é significativamente mais ativado do que outros músculos durante o chute de taekwondo, e isso pode ter contribuído para a melhor adaptação do AP. Portanto, parte desses resultados controversos pode ser atribuídos por diferenças metodológicas. Enquanto um estudo utilizou atletas com demandas diferentes (atletas de arremesso vs. atletas de taekwondo) (Kavvoura *et*

al., 2018), o outro estudo utilizou atletas amadores masculinos e femininos sem definição específica do tipo de prova para os atletas de atletismo (Ciftçi *et al.*, 2024). Além disso, a falta de diferença significativa no AP entre corredores de atletismo e atletas de taekwondo também pode ser atribuído a variabilidade dos corredores de atletismo desse estudo, a amostra foi composta por velocistas, meio fundistas e fundistas, e de acordo com Abe *et al.*, 2000, o AP do VL é diferente desses atletas. Contudo, um maior AP também pode estar relacionado ao maior envolvimento em exercícios concêntricos (Franchi *et al.*, 2017).

Em relação aos resultados de desempenho de força, o TMI não apresentou diferença significativa entre os atletas. No estudo de Kavvoura *et al.* (2018), o TMI foi significativamente maior em atletas de atletismo do que em taekwondo. Embora o banco extensor de joelho seja comum para mensuração da força de extensão de joelho, ele não é utilizado regularmente no treinamento desses atletas e não representa especificamente as ações realizadas pelos atletas em ambas as modalidades. Este fato pode explicar a ausência de diferenças significativas no TMI, uma vez que não há adaptações neurais específicas ao exercício isométrico de extensão do joelho para os atletas destas modalidades (Kavvoura *et al.*, 2018). No entanto, o desempenho em SA e SCM foi significativamente maior em corredores de atletismo do que em atletas de taekwondo. Os resultados deste estudo corroboraram com o estudo de Kavvoura *et al.* (2018), que revelou maior altura do SCM em atletas de atletismo do que em atletas de taekwondo. De acordo com Jiang; Chen; Xu, (2024), a AST do VL é o principal preditor da arquitetura muscular no desempenho do salto vertical, contribuindo com 37% do SCM e 52% do SA. Dessa forma, como no presente estudo, a AST muscular do RF e VL foi maior nos corredores de atletismo, também seria possível esperarmos desempenho de saltos superiores neste grupo.

Em resumo, os resultados deste estudo indicam que corredores de atletismo apresentam maior tamanho do RF e do VL e maior CF do que atletas de taekwondo, refletindo as maiores demandas mecânicas e cargas de treinamento de força típicas da corrida. No entanto, é importante notar que no taekwondo, os atletas enfrentam uma restrição adicional devido à necessidade constante de controlar o peso corporal devido às categorias de peso (Albuquerque *et al.*, 2022). Esse fator torna crucial otimizar o treinamento com foco não apenas no tamanho muscular, mas especialmente na qualidade das adaptações neuromusculares que aumentam o desempenho sem aumentos desnecessários na massa corporal (Yang; Heine; Grau, 2018). Para o atletismo, essas descobertas reforçam a importância da hipertrofia regional e do CF para dar suporte a ações de sprint, enquanto para o taekwondo, os resultados destacam a necessidade de direcionar estratégias de treinamento que maximizem o desempenho dentro de restrições de peso rigorosas. Assim, estudos comparando a arquitetura muscular de atletas de diferentes

esportes, contribuem para auxiliar profissionais no entendimento das adaptações da arquitetura muscular advindas de estímulos específicos dos esportes.

8 CONCLUSÃO – Experimento 2

Conclui-se que a arquitetura muscular regional dos músculos VL e RF, com exceção do AP do VL, difere significativamente em favor de atletas corredores de atletismo quando comparados a atletas de taekwondo. Além disso, corredores de atletismo apresentaram melhor desempenho no SA e SCM do que os atletas de taekwondo. O TMI e o tempo para o TMI não apresentaram diferenças significativas entre atletas de taekwondo e corredores de atletismo.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1 Conclusões, limitações e indicações de pesquisas futuras

A arquitetura muscular apresenta variações entre os músculos de atletas, as quais decorrem das demandas específicas e dos tipos de treinamento associados às modalidades esportivas praticadas. Esses parâmetros arquitetônicos exercem influência na produção de força e no desempenho físico dos atletas. Neste contexto, esta tese de doutorado foi constituída de dois diferentes experimentos com objetivos distintos, mas investigando a temática da arquitetura muscular regional e desempenho de força em atletas olímpicos e paralímpicos. No experimento 1, o objetivo foi investigar a magnitude da associação da arquitetura muscular regional dos músculos PM e TB no desempenho de FMD de atletas de elite do PP. Os principais resultados mostraram que através da análise do MLG, verificou-se associação significativa positiva da EM da região distal do PM e TB com a FMD no supino do PP. Esses resultados explicam que o aumento de um centímetro da EM das regiões distais dos músculos PM e TB tende a aumentar em aproximadamente 56% e 34% da FMD respectivamente. Além disso, o MLG revelou associação significativa negativa do comprimento do braço e a FMD no PP. Assim a FMD tende a reduzir em aproximadamente 4% para a adição de um centímetro do comprimento do braço. De forma geral, é possível sugerir que o aumento da EM dos músculos avaliados, especialmente da região distal do PM, tende a contribuir com o aumento do desempenho no PP. Em contraste, o aumento do comprimento do braço tende a auxiliar na redução do desempenho. Contudo, é importante ressaltar algumas limitações desse experimento, pois os resultados são dependentes de um delineamento estatístico e a melhora do desempenho no PP não depende exclusivamente do aumento da EM PM, pois outros fatores podem contribuir para o aumento do desempenho no PP, como por exemplo o aperfeiçoamento da atividade neural. Portanto, deve-se considerar em futuros estudos, o uso de eletromiografia e outras técnicas para investigar a hipertrofia regionalizada e sua relação com o desempenho, visando explicar por que determinadas regiões musculares apresentam maior associação com o desempenho. Além disso, outras limitações devem ser levadas em considerações, como por exemplo, a ausência da avaliação da arquitetura de outros músculos envolvidos na execução do supino paralímpico e a utilização exclusiva de atletas do sexo masculino. Portanto, baseado nos achados desse experimento, recomenda-se que treinadores e pesquisadores avaliem a arquitetura muscular regional do PM e do TB em atletas de PP. Além disso, encoraja-se o desenvolvimento de estudos longitudinais e programas de treinamento voltados ao

aprimoramento da arquitetura desses músculos, especialmente do PM, uma vez que o aumento da EM do PM pode ser determinante para a melhora do desempenho no PP.

Adicionalmente no experimento 2, o objetivo foi comparar a arquitetura muscular regional e o desempenho de força entre atletas de elite de taekwondo e corredores de atletismo. De acordo com os resultados deste experimento, a arquitetura das regiões mais distais dos músculos RF e VL são mais capazes de diferenciar as adaptações adquiridas pelas demandas físicas e treinamento específicos dos esportes praticados. Pois a AST RF_{40%} e AST RF_{60%} é 35% e 29% maior em corredores de atletismo do que em atletas de taekwondo, enquanto a AST VL_{60%} é 17% maior em corredores do que atletas de taekwondo. Além disso, e o CF do VL é 20% maior em corredores de atletismo quando comparado a atletas de taekwondo. Porém o AP não diferiu entre os atletas. Nesse sentido, corredores de atletismo apresentaram superioridade no desempenho de saltos verticais quando comparados a atletas de taekwondo. Isso pode ter sido consequência da maior AST e CF encontrados nos músculos avaliados de corredores de atletismo, essas características apresentam maior capacidade de produção de força e velocidade de encurtamento do músculo. Neste contexto, é possível sugerir que a maior arquitetura muscular a favor de corredores de atletismo pode ser uma resposta adaptativa as demandas físicas específicas da modalidade. Contudo esses resultados devem ser interpretados com cautela pois algumas limitações devem ser consideradas nesse experimento, por exemplo, o quadríceps femoral é composto por quatro músculos, e o vasto medial e intermediário não foram avaliados no presente experimento. Além disso, a amostra de atletismo foi composta de seis corredores de 100 m, três de 400 m, um de 1500 m e um de atleta de decatlo e isso pode ter interferido na falta de diferença completa da arquitetura entre os atletas. Portanto, os resultados desse experimento podem contribuir para que treinadores, atletas e pesquisadores tenham entendimento das características da arquitetura muscular regional de atletas de taekwondo e corredores de atletismo.

No geral, os resultados dessa tese contribuem para a compreensão sobre as diferenças e associação da arquitetura muscular regional e desempenho de força entre atletas olímpicos e paralímpicos. Esta tese apresenta resultados pioneiros que poderão ajudar parcialmente atletas e treinadores a selecionar exercícios de forma mais assertiva que contribuirão para o desenvolvimento da arquitetura muscular regional dos músculos avaliados de atletas do PP, taekwondo e corredores de atletismo, pois a melhora da arquitetura desses músculos pode influenciar no desempenho dos atletas. Estudos futuros devem comparar a arquitetura muscular regional e desempenho de força em atletas de taekwondo e corredores de

atletismo, bem como verificar a associação de arquitetura regional de atletas do PP com o desempenho de FMD no supino mediante intervenções longitudinais.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. R. *et al.* Relationship between indirect measures of aerobic and muscle power with frequency speed of kick test multiple performance in taekwondo athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 254-261, 2022.
- ABE, T.; KUMAGAI, K.; BRECHUE, W. F. Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 6, p. 1125-1129, 2000.
- AKAGI, R. *et al.* Relationship of pectoralis major muscle size with bench press and bench throw performances. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1778-1782, 2014.
- AIDAR, F. J. *et al.* Evaluation of training with elastic bands on strength and fatigue indicators in paralympic powerlifting. **Sports**, v. 9, n. 10, p. 142, 2021.
- BLAZEVOICH, A. J.; GILL, N. D.; ZHOU, S. Intra-and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. **Journal of Anatomy**, v. 209, n. 3, p. 289-310, 2006.
- BENFORD, J.; HUGHES, J.; WALDRON, M.; THEIS, N. Concentric versus eccentric training: Effect on muscle strength, regional morphology, and architecture. **Translational Sports Medicine**, v. 4, n. 1, p. 46-55, 2021.
- BURKE, R. *et al.* Exercise selection differentially influences lower body regional muscle development. **Journal of Science in Sport and Exercise**, p. 1-11, 2024.
- BRECHUE, W. F.; ABE, T. The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 327-336, 2002.
- BALL, R.; WEIDMAN, D. Analysis of USA powerlifting federation data from January 1, 2012–June 11, 2016. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 1843-1851, 2018.
- BLAZEVOICH, A. J. *et al.* Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 12, p. 2013-2022, 2003.
- BORGES, M. V. O.; SOUSA, E. C.; REGO, J. T. P. *et al.* Electromyographic analysis of bench press in paralympic athletes. **Med Sport**, v. 10, n. 4, p. 2452-2456, 2014.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 50, n. 2, p. 273-282, 1983.

BRIDGE, C. A. *et al.* Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 713-733, 2014.

CHAVAN, S. K.; WABALE, R. N. Revisão da morfologia do músculo quadríceps femoral. **Journal of Morphological Sciences**, v. 33, n. 2, p. 112-117, 2016.

ÇİFTÇİ, R. *et al.* Exploring the quadriceps muscle architecture variations in various sports disciplines: a comparative analysis of football, taekwondo, and athletics. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 64, n. 8, p. 728-36, 2024.

COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.

DOS SANTOS, M. D. M. *et al.* Does the grip width affect the bench press performance of paralympic powerlifters?. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 9, p. 1252-1259, 2020.

DOS SANTOS ALBARELLO, J. C. *et al.* Non-uniform excitation of pectoralis major induced by changes in bench press inclination leads to uneven variations in the cross-sectional area measured by panoramic ultrasonography. **Journal of Electromyography and Kinesiology** 67: 102722, 2022.

DA SILVA, B. G.; MIZIARA, I. M.; FURTADO, D. A. *et al.* Electromyographical activity of the pectoralis, triceps, and deltoideus during the sub-phases of bench press in paralympic powerlifters. **Sports Eng**, v. 25, n. 1, p. 13, 2022.

DINIZ, R. C. R.; TOURINO, F. D.; LACERDA, L. T. *et al.* Resistance training intervention performed with different muscle action durations influences the maximal dynamic strength without promoting joint-angle specific strength gains. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 21, p. 2386-2392, 2021.

EMA, R. *et al.* Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2691-2703, 2013.

EARP, J. E.; NEWTON, R. U.; CORMIE, P.; BLAZEVIČH, A. J. Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 47, n. 11, p. 2389-2397, 2015.

FRANCHI, M. V. *et al.* Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 28, n. 3, p. 846-853, 2018.

FRANCHI, M. V.; REEVES, N. D.; NARICI, M. V. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: morphological, molecular, and metabolic adaptations. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 447, 2017.

GOŁAŚ, A. *et al.* Neuromuscular control during the bench press movement in an elite disabled and able-bodied athlete. **Journal of Human Kinetics**, v. 60, p. 209, 2017.

HERNÁNDEZ-BELMONTE, A.; MARTÍNEZ-CAVA, A.; PALLARÉS, J. G. Pectoralis cross-sectional area can be accurately measured using panoramic ultrasound: a validity and repeatability study. **Ultrasound Med Biol**, v. 48, n. 3, p. 460-468, 2022.

HOPKINS, W.; MARSHALL, S.; BATTERHAM, A.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3-13, 2009.

HALL, S.J. Basic biomechanics. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2016, p.92.

KAWAKAMI, Y. The effects of strength training on muscle architecture in humans. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 3, n. Special_Issue_2005, p. 208-217, 2005.

KHARE, S. P. *et al.* Muscle architecture and sports performance. **J. Sports Sci. Nutr**, v. 4, p. 254-257, 2023.

KAVVOURA, A. *et al.* The importance of lean body mass for the rate of force development in taekwondo athletes and track and field throwers. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 3, n. 3, p. 43, 2018.

KANEHISA, H.; FUNATO, K.; FUKUNAGA, S. K. T.; KATSUTA, S. *et al.* Growth trend of the quadriceps femoris muscle in junior Olympic weight lifters: an 18-month follow-up survey. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3, p. 238-242, 2003.

KUMAGAI, K. *et al.* Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. **Journal of Applied Physiology**, 2000.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, p. 497-504, 1978.

JIANG, W.; CHEN, C.; XU, Y. Muscle structure predictors of vertical jump performance in elite male volleyball players: a cross-sectional study based on ultrasonography. **Frontiers in Physiology**, v. 15, p. 1427748, 2024.

LANZA, M. B. *et al.* Muscle volume vs. anatomical cross-sectional area: Different muscle assessment does not affect the muscle size-strength relationship. **Journal of Biomechanics**, v. 132, p. 110956, 2022.

LANFERDINI, F. J. *et al.* Quadriceps muscle morphology is an important determinant of maximal isometric and crank torques of cyclists. **Sports**, v. 11, n. 2, p. 22, 2023.

LACERDA, L. T. *et al.* Is performing repetitions to failure less important than volume for muscle hypertrophy and strength? **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1237–1248, 2020.

LEE, K. L. *et al.* Correlation between muscle architecture and anaerobic power in athletes involved in different sports. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 13332, 2021.

LIEBER, R. L.; WARD, S. R. Skeletal muscle design to meet functional demands. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1570, p. 1466-1476, 2011.

LOTURCO, I.; PEREIRA, L. A.; KOBAL, R.; *et al.* Validity and usability of a new system for measuring and monitoring variations in vertical jump performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 9, p. 2579-2585, 2017.

MATTA, T. *et al.* Strength training's chronic effects on muscle architecture parameters of different arm sites. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 6, p. 1711-1717, 2011.

METHENITIS, S. K. *et al.* Role of muscle morphology in jumping, sprinting, and throwing performance in participants with different power training duration experience. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 3, p. 807-817, 2016.

MUYOR, J. M. *et al.* Evaluation and comparison of electromyographic activity in bench press with feet on the ground and active hip flexion. **PLoS One**, v. 14, n. 6, p. e0218209, 2019.

NOORKÕIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČH, A. J. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. 2014. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 8, p. 1525-1537, 2014.

NOORKÕIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČH, A. J. Effects of isometric quadriceps strength training at different muscle lengths on dynamic torque production. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 18, p. 1952-1961, 2015.

NOORKÕIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČH, A. J. Assessment of quadriceps muscle cross-sectional area by ultrasound extended-field-of-view imaging. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 631-639, 2010.

NORWOOD, J. T. *et al.* Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 343-347, 2007.

RUM, L.; ROMAGNOLI, R.; LAZICH, A. *et al.* Expert consensus on classification and performance in Paralympic powerlifting: a Delphi study. **Am j Phys Med Rehabil**, v. 103, n. 8, p. 753-760, 2024.

SALIMIN, N. *et al.* Muscle architecture and exercise performance: a mini review. **Biomed J Sci Tech Res**, v. 3, n. 5, p. 3555-3557, 2018.

STASTNY, P. *et al.* A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. **PloS One**, v. 12, n. 2, p. e0171632, 2017.

STASINAKI, A. N. *et al.* Triceps brachii muscle strength and architectural adaptations with resistance training exercises at short or long fascicle length. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 3, n. 2, p. 28, 2018.

SAETERBAKKEN, A. H.; FIMLAND, M. S. Muscle force output and electromyographic activity in squats with various unstable surfaces. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 130-136, 2013.

SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In Komi, P.V. *Strength and power in sport*. Londres: Blackwell Scientifics Publications, 1992, p.381-395.

TELES, L. J. L. *et al.* Static and dynamic strength indicators in paralympic power-lifters with and without spinal cord injury. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 11, p. 5907, 2021.

WAKAHARA, T.; FUKUTANI, A.; KAWAKAMI, Y.; YANAI, T. Nonuniform muscle hypertrophy: its relation to muscle activation in training session. **Medicine & Science in Sports Exercise**, v. 45, n. 11, p. 2158-2165, 2013.

World Para Powerlifting, WPPO. Rules & Regulations. Available Online: https://www.paralympic.org/sites/default/files/202307/WPPO%20Rules%20and%20Regulations_2022_v1.4_0.pdf (accessed in 14 August 2024).

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 231-240, 2005.

WEYAND, P. G. *et al.* Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 5, p. 1991-1999, 2000.

YANG, W. H.; HEINE, O.; Grau, M. Rapid weight reduction does not impair athletic performance of Taekwondo athletes—A pilot study. **PLoS One**, v. 13, n. 4, p e0196568, 2018.

ZARAS, N. D.; STASINAKI, A. N. E.; METHENITIS, S. K. *et al.* Rate of force development, muscle architecture, and performance in young competitive track and field throwers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 81-92, 2016.

ZARAS, N.; STASINAKI, A. N.; SPILIOPOULOU, P.; MPAMPOULIS, T.; TERZIS, G. Triceps brachii muscle architecture, upper-body rate of force development, and bench press maximum strength of strong and weak trained participants. **Human Movement**, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2023.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido (Experimento 1)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Terminologia obrigatória em atendimento a resolução 466/12 - CNS-MS)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do estudo “**A ARQUITETURA MUSCULAR PODE PREDIZER O DESEMPENHO EM ATLETAS DO *POWERLIFTING* PARALÍMPICO**” sob a orientação do Professor Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com o seguinte parecer: 5.868.623.

OBJETIVO DO ESTUDO

Avaliar as características da arquitetura muscular regional e investigar sua influência na predição do desempenho de atletas do *Powerlifting* Paralímpico (PP).

A importância deste estudo é contribuir para o desenvolvimento da ciência do *Powerlifting* Paralímpico através de um estudo exploratório com uma análise estatística de regressão linear múltipla entre as variáveis da arquitetura muscular e o desempenho de força máxima dinâmica de atletas do PP. Este tipo de análise permite prever o comportamento do desempenho de força máxima dinâmica a partir das variáveis da arquitetura muscular, informando sobre a margem de erro dessas previsões. Oferecendo informações para atletas, treinadores e pesquisadores sobre a interação dessas variáveis.

VOLUNTÁRIOS

Para participar deste estudo você deverá ser do sexo masculino, ter idade entre 18 e 45 anos (categorias elite e próxima geração); estar em treinamento regular pelo menos três vezes por semana; ter pelo menos 1 ano de experiência na modalidade, competidor de nível nacional. Além disso, deve estar livre de lesão ou fratura nos membros e nas articulações nos últimos quatro anos, não estar fazendo o uso de algum tipo de recurso ergogênico ilícito e não estar envolvido em qualquer processo de perda de peso rápida que possa comprometer a coleta de dados.

ENCONTROS

Todos os encontros serão realizados nas dependências do Centro de Treinamento Paralímpico Brasileiro (CPB). Você deverá comparecer duas vezes ao local do experimento em dias diferentes. A primeira visita será composta por: entrevista do voluntário; explicar o desenho do estudo; avaliação da arquitetura muscular e avaliação da composição corporal. Após um intervalo de 24 horas ocorrerá a segunda visita. A segunda visita será composta por: avaliação do desempenho, ou seja, avaliação do desempenho da força máxima dinâmica na competição, 1ª Fase Nacional do Circuito Loterias Caixa de Halterofilismo - 2024. É recomendado que você não realize exercícios físicos de qualquer natureza com no mínimo 72 horas antes das coletas.

Abaixo estão descritos os procedimentos que serão realizados. A primeira visita tem previsão de cinquenta minutos de duração, e a segunda ficará de acordo com organização da competição.

PROCEDIMENTOS

Na primeira visita, você será orientado(a) e receberá todas as informações dos procedimentos de pesquisa, e conhecerá todos os instrumentos da coleta, e quaisquer outras dúvidas serão sanadas e respondidas. Caso concorde em se voluntariar, você terá alguns dados corporais avaliados, como estatura, massa corporal, dobras cutâneas. Além disso, você será submetido a avaliação da arquitetura muscular dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, através da captura de imagem pelo equipamento de ultrassom. Para adquirirmos os dados da arquitetura muscular, serão fixados, à sua pele, marcadores com fita adesiva micropore (Nexecare Bege) para delimitar o ponto selecionado da captura de imagem. Você permanecerá deitado por 15 minutos em uma maca a fim de permitir a diminuição do fluido local, para capturar as imagens você ficará deitado em decúbito dorsal e ventral. Na segunda visita serão adquiridos dados do desempenho de força máxima dinâmica da sua competição em três situações: primeira, segunda e terceira tentativa. Todas as suas marcas serão registradas.

RISCOS E BENEFÍCIOS

Devido à realização do desempenho de força máxima dinâmica, em algum momento você poderá sentir algum desconforto, como por exemplo, cansaço, devido ao esforço da atividade. Entretanto, não é esperada nenhuma sensação diferente das já vivenciadas por você durante os treinos de Para *Powerlifting*.

Não é esperado que você seja exposto a condições que gerem dano psicológico ou constrangimento, no entanto, caso você se sinta de alguma forma lesado, ameaçado ou constrangido, você tem liberdade para abandonar a pesquisa, sem qualquer justificativa ou ônus. Ainda, todas as suas informações pessoais serão mantidas em sigilo, impossibilitando a sua identificação por terceiros.

Os benefícios que você poderá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: contribuir para o estudo do esporte paralímpico, sobretudo para o desenvolvimento da exploração de variáveis que estão envolvidas no processo de treinamento e desempenho, além de ter um retorno acerca da sua estrutura muscular e a interação com desempenho de força máxima dinâmica.

1. Sempre que desejar, será fornecido esclarecimento sobre qualquer etapa do estudo.
2. Este termo de consentimento será emitido em duas vias, uma cópia será enviada para seu e-mail, e a outra ficará com os pesquisadores.
3. A qualquer momento, você poderá interromper sua participação na pesquisa e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.
4. Em caso de dúvida sobre questão ética, ou qualquer denúncia, você poderá comunicar ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CEP-UFMG), contatos seguem abaixo, de forma anônima, sem sofrer qualquer prejuízo.
5. As informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.
6. Quaisquer informações de ordem pessoal jamais serão compartilhadas, arquivadas ou utilizadas para outro fim do que o necessário à realização dos procedimentos.
7. Em caso de danos provenientes da pesquisa você poderá buscar indenização nos termos da Res.466/12.
8. Finalmente, você, tendo compreendido perfeitamente tudo o que lhe foi informado a respeito da sua participação no mencionado estudo, e estando consciente dos seus direitos, das suas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a sua participação implica, concorda em participar e **DÁ SEU CONSENTIMENTO, AFIRMANDO QUE PARA ISSO VOCÊ NÃO FOI FORÇADO OU OBRIGADO A PARTICIPAR.**

Endereço dos responsáveis pela pesquisa:

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz (rodrigocrd@hotmail.com)
 Marcelo Danillo Matos dos Santos (aluno de Doutorado) (marceloed25@hotmail.com)
 Instituição: UFMG / Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional / LAMUSC.
 Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627
 Bairro: Pampulha. CEP. 31270-901, Cidade: Belo Horizonte / MG.
 Telefones p/contato: 3409-2360

ATENÇÃO: Para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais:
Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Campus Pampulha
Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte / MG. CEP: 31270-901
Telefone: 3409-4592

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2024.

Assinatura do voluntário.	Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz

APÊNDICE 2 – Termo de consentimento livre e esclarecido (Experimento 2)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Terminologia obrigatória em atendimento a resolução 466/12 - CNS-MS)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do estudo “**Comparação da Arquitetura Muscular e Desempenho de Atletas de Taekwondo e Corredores de Atletismo**” sob a orientação do Professor Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz.

OBJETIVO DO ESTUDO

Comparar a arquitetura muscular regional, a contração isométrica voluntária máxima e o desempenho da altura dos saltos verticais de atletas de taekwondo e corredores de atletismo.

A importância deste estudo é contribuir para o desenvolvimento da ciência do Taekwondo e Atletismo através de um estudo comparativo com uma análise estatística de Test t das variáveis da arquitetura muscular e o desempenho de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e altura de salto vertical agachado (SA) e salto vertical com contramovimento (SCM) de atletas de Taekwondo e corredores de Atletismo. Este tipo de análise permite comparar arquitetura muscular regional, o desempenho de CIVM, SA e SCM. Oferecendo informações para atletas, treinadores e pesquisadores sobre a comparação dessas variáveis.

VOLUNTÁRIOS

Para participar deste estudo você deverá ser do sexo masculino, ter idade entre 18 e 30 anos; estar em treinamento regular; ter pelo menos 3 anos de experiência na modalidade, competidor de nível nacional e internacional. Além disso, deve estar livre de lesão ou fratura nos membros e nas articulações nos últimos quatro anos, não estar fazendo o uso de algum tipo de recurso ergogênico ilícito e não estar envolvido em qualquer processo de perda de peso rápida que possa comprometer a coleta dos dados.

ENCONTROS

Todos os encontros serão realizados nas dependências da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO – UFMG). Você deverá comparecer quatro vezes ao local do experimento em dias diferentes. A primeira visita será composta por: entrevista do voluntário; explicar o desenho do estudo; avaliação da arquitetura muscular regional e avaliação da composição corporal. Após um intervalo de 48 horas ocorrerá a segunda visita. A segunda visita será composta por: familiarização do desempenho, ou seja, desempenho da CIVM, SA e SCM. É recomendado que você não realize exercícios físicos de qualquer natureza com no mínimo 48 horas antes das coletas.

Abaixo estão descritos os procedimentos que serão realizados. A primeira visita tem previsão de sessenta minutos de duração, os demais quarenta minutos de duração.

PROCEDIMENTOS

Na primeira visita, você será orientado(a) e receberá todas as informações dos procedimentos de pesquisa, e conhecerá todos os instrumentos da coleta, e quaisquer outras dúvidas serão sanadas e respondidas. Caso concorde em se voluntariar, você terá alguns dados corporais avaliados, como estatura, massa corporal, dobras cutâneas. Além disso, você será submetido a avaliação da arquitetura muscular dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF), através da captura de imagem pelo equipamento de ultrassom. Para adquirirmos os dados da arquitetura muscular, serão fixados, à sua pele, marcadores com fita adesiva micropore (Nexecare Bege) para delimitar o ponto selecionado da captura de imagem, os parâmetros da arquitetura dos músculos VL e RF serão realizadas por meio de imagens panorâmicas adquiridas em tempo real em dois pontos diferentes, 40% e 60% da distância entre a

espinha ilíaca anterossuperior a borda superior da patela, através do corte transversal nos músculos do quadríceps femoral de cada voluntário. Você permanecerá deitado por 15 minutos em uma maca a fim de permitir a diminuição do fluido local, para capturar as imagens você ficará deitado em decúbito ventral. Na segunda ocorrerá a familiarização do desempenho de CIVM, SA e SCM. A terceira visita será adquirido o desempenho da altura dos SA e SCM através de um tapete de contato de superfície condutiva e quarta visita será para avaliação da CIVM na cadeira extensora de joelhos.

RISCOS E BENEFÍCIOS

Devido à realização do desempenho de CIVM, em algum momento você poderá sentir algum desconforto, como por exemplo, cansaço, devido ao esforço da atividade. Entretanto, não é esperada nenhuma sensação diferente das já vivenciadas por você durante os treinos.

Não é esperado que você seja exposto a condições que gerem dano psicológico ou constrangimento, no entanto, caso você se sinta de alguma forma lesado, ameaçado ou constrangido, você tem liberdade para abandonar a pesquisa, sem qualquer justificativa ou ônus. Ainda, todas as suas informações pessoais serão mantidas em sigilo, impossibilitando a sua identificação por terceiros.

Os benefícios que você poderá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: contribuir para o estudo do esporte taekwondo e atletismo, sobretudo para o desenvolvimento da exploração de variáveis que estão envolvidas no processo de treinamento e desempenho, além de ter um retorno acerca da sua estrutura muscular e desempenho físico.

1. Sempre que desejar, será fornecido esclarecimento sobre qualquer etapa do estudo.
2. Este termo de consentimento será emitido em duas vias, uma que ficará com você, a outra com os pesquisadores.
3. A qualquer momento, você poderá interromper sua participação na pesquisa e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.
4. Em caso de dúvida sobre questão ética, ou qualquer denúncia, você poderá comunicar ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CEP-UFGM), contatos seguem abaixo, de forma anônima, sem sofrer qualquer prejuízo.
5. As informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.
6. Quaisquer informações de ordem pessoal jamais serão compartilhadas, arquivadas ou utilizadas para outro fim do que o necessário à realização dos procedimentos.
7. Em caso de danos provenientes da pesquisa você poderá buscar indenização nos termos da Res.466/12.
8. Finalmente, você, tendo compreendido perfeitamente tudo o que lhe foi informado a respeito da sua participação no mencionado estudo, e estando consciente dos seus direitos, das suas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a sua participação implica, concorda em participar e **DÁ SEU CONSENTIMENTO, AFIRMANDO QUE PARA ISSO VOCÊ NÃO FOI FORÇADO OU OBRIGADO A PARTICIPAR.**

Endereço dos responsáveis pela pesquisa:

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz (rodrigocrd@hotmail.com)

Marcelo Danillo Matos dos Santos (aluno de Doutorado) (marceloed25@hotmail.com)

Instituição: UFGM / Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional / LAMUSC.

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627

Bairro: Pampulha. CEP. 31270-901, Cidade: Belo Horizonte / MG.

Telefones p/contato: 3409-2360

ATENÇÃO: Para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais:

Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Campus Pampulha

Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte / MG. CEP: 31270-901

Telefone: 3409-4592

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2024.

Assinatura do voluntário.	Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz

ANEXO

ANEXO 1 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética (Experimento 1)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A ARQUITETURA MUSCULAR PODE PREDIZER O DESEMPENHO EM ATLETAS DO POWERLIFTING PARALÍMPICO?

Pesquisador: Rodrigo César Ribeiro Diniz

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 63291722.0.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.868.623

Apresentação do Projeto:

O objetivo do presente estudo é avaliar a arquitetura muscular regional e investigar sua influência na predição do desempenho de atletas do Powerlifting Paralímpico. O estudo será de caráter exploratório, sendo a intervenção dividida em dois momentos. As principais medidas serão observadas através de exames de imagem de ultrassom (área de secção transversa, espessura muscular, comprimento do fascículo e ângulo de penetração dos músculos tríceps braquial e peitoral maior) e desempenho físico (força máxima dinâmica). A estatística será realizada através da análise de regressão linear múltipla de modelo hierárquico.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo os pesquisadores, o estudo possui os seguintes objetivos:

Objetivo geral

Avaliar a arquitetura muscular regional e investigar sua influência na predição do desempenho de atletas do Powerlifting Paralímpico.

Objetivos específicos

a) Verificar a relação e a predição da área de secção transversa muscular regional do peitoral maior e do tríceps braquial com o desempenho de força máxima dinâmica em atletas do Powerlifting.

Endereço:	Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha		
Bairro:	Unidade Administrativa II	CEP:	31.270-901
UF:	MG	Município:	BELO HORIZONTE
Telefone:	(31)3409-4592	E-mail:	coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.868.623

Paralímpico.

- a) Verificar a relação e a predição da espessura muscular regional do peitoral maior e do tríceps braquial com o desempenho de força máxima dinâmica em atletas do Powerlifting Paralímpico.
- b) Verificar a relação e a predição do comprimento e ângulo do fascículo regional do tríceps braquial com o desempenho de força máxima dinâmica em atletas do Powerlifting Paralímpico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios destacados abaixo estão presentes no TCLE que será assinado pelos voluntários da pesquisa:

Devido à realização do desempenho de força máxima dinâmica, em algum momento você poderá sentir algum desconforto, como por exemplo, cansaço, devido ao esforço da atividade. Entretanto, não é esperada nenhuma sensação diferente das já vivenciadas por você durante os treinos de Para Powerlifting.

Não é esperado que você seja exposto a condições que gerem dano psicológico ou constrangimento, no entanto, caso você se sinta de alguma forma lesado, ameaçado ou constrangido, você tem liberdade para abandonar a pesquisa, sem qualquer justificativa ou ônus. Ainda, todas as suas informações pessoais serão mantidas em sigilo, impossibilitando a sua identificação por terceiros.

Os benefícios que você poderá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: contribuir para o estudo do esporte paralímpico, sobretudo para o desenvolvimento da exploração de variáveis que estão envolvidas no processo de treinamento e desempenho, além de ter um retorno acerca da sua estrutura muscular e a interação com desempenho de força máxima dinâmica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa que terá a presença de um outro pesquisador, informação presente no projeto. O cronograma do estudo está adequado e, segundo parecer consubstanciado do Departamento de Esportes da EEFPTO, os resultados oriundos do estudo poderão trazer novas contribuições para nortear a relação da arquitetura muscular com o desempenho esportivo de atletas de Powerlifting Paralímpico. Os equipamentos e insumos já estão todos disponíveis, dessa forma, o estudo é avaliado como viável em termos financeiros. O pesquisador principal do estudo tem publicações associadas à temática o que evidencia competência técnica para a condução/orientação da pesquisa. Ademais, o projeto encontra-se de acordo com a linha de pesquisa do orientador.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
 MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.868.623

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos anexados encontram-se de acordo com as demandas do CEP, assinalamos abaixo:

1. Folha de rosto preenchida e assinada.
2. Aprovação do Departamento responsável em documento anexado como parecer consubstanciado.
3. Equipamentos/insumos disponíveis.
4. Descrição da coleta de dados clara.
5. Projeto completo, salvo os riscos/benefícios dos procedimentos (serão sugeridos).
6. TCLE em formato carta convite e de acordo com o artigo 9 capítulo II da resolução 510.

Recomendações:

Sugerimos aos pesquisadores a inclusão do item riscos/benefícios, já presentes no TCLE, no projeto principal. Os demais itens estão em concordância com os requerimentos do CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Levanto em conta os apontamentos destacados acima, sou, S.M.J., favorável à aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2014444.pdf	13/09/2022 20:01:57		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Termo_de_consetimento_livre_e_esclarecido.pdf	13/09/2022 20:01:39	Rodrigo César Ribeiro Diniz	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa_Detalhado.pdf	12/09/2022 18:18:14	Rodrigo César Ribeiro Diniz	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.868.623

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 30 de Janeiro de 2023

Assinado por:

Corinne Davis Rodrigues (Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 2 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética (Experimento 2)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPARAÇÃO DA ARQUITETURA MUSCULAR E DESEMPENHO DE ATLETAS DE TAEKWONDO E CORREDORES DE ATLETISMO

Pesquisador: Rodrigo César Ribeiro Diniz

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 76640723.4.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.683.032

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um experimento de corte transversal com análise comparativa. O estudo será realizado num período de duas semanas, na ausência de qualquer período de treinamento extenuante e competição (mínimo de duas semanas longe de treinos extenuantes e competições) para os atletas. A primeira semana será dividida em duas sessões, sendo a primeira destinada para entrevistar os avaliados, explicar o desenho do estudo, avaliação da arquitetura muscular regional, avaliação da composição corporal. Após um período de 72 horas, ainda na primeira semana, será realizado a familiarização dos testes de CIVM na cadeira extensora e altura do SA e SCM baseado nos protocolos de Bosco, (1983); Kavvoura et al.(2018). A segunda semana será dividida em dois momentos, o primeiro será destinado para avaliação da altura dos saltos verticais e com no mínimo 72 horas de descanso será realizado o teste de CIVM.

Segundo os pesquisadores, as hipóteses são:

H1 A área de secção transversa, espessura muscular, comprimento do fascículo e o ângulo de penação na região proximal do comprimento do músculo, será maior em atletas de atletismo quando comparadas aos atletas de taekwondo.

H2: A altura do salto Vertical Agachado e o Salto Vertical com Contramovimento será superior em atletas do atletismo quando comparados aos atletas do taekwondo.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Página 01 de 05

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
 MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.683.032

H3 A contração isométrica voluntária máxima na cadeira extensora será maior em atletas de atletismo quando comparada aos atletas de taekwondo.

Quanto aos critérios de inclusão e exclusão:

Critério de Inclusão:

Como critério de inclusão será adotado o fato de serem todos competidores de nível nacional e internacional, ou seja, atletas que participam de competições sancionadas pelas confederações das modalidades, estarem livres de lesão ou fratura nos membros e nas articulações nos últimos quatro anos, não estar fazendo o uso de algum tipo de recurso ergogênico ilícito e não estar envolvido em qualquer processo de perda de peso rápida, porque esta prática pode afetar negativamente a performance física, sendo estas questões avaliadas através de entrevista.

Critério de Exclusão:

Caso o voluntário se negue a participar ou desista no decorrer dos procedimentos, será excluído da pesquisa.

Como metodologia proposta, destaca-se:

Trata-se de um experimento de corte transversal com análise comparativa. O estudo será realizado num período de duas semanas, na ausência de qualquer período de treinamento extenuante e competição (mínimo de duas semanas longe de treinos extenuantes e competições) para os atletas. A primeira semana será dividida em duas sessões, sendo a primeira destinada para entrevistar os avaliados, explicar o desenho do estudo, avaliação da arquitetura muscular regional, avaliação da composição corporal. Após um período de 72 horas, ainda na primeira semana, será realizado a familiarização dos testes de CIVM na cadeira extensora e altura do SA e SCM baseado nos protocolos de Bosco, (1983); Kavvoura et al.(2018). A segunda semana será dividida em dois momentos, o primeiro será destinado para avaliação da altura dos saltos verticais e com no mínimo 72 horas de descanso será realizado o teste de CIVM. O tamanho da amostra foi estimado considerando o valor do tamanho do efeito (T.E.) de 1.18 (efeito grande) encontrado no estudo de Blazevich et al. (2003) (quando comparou a mudança da

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Página 01 de 05

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.683.032

espessura muscular do vasto lateral de três diferentes grupos formados por atletas de modalidades diferentes e submetidos a programas de treinamento de força). Os autores perceberam mudança significativa do parâmetro da arquitetura nos grupos submetidos a programas de treinamento força quando comparados ao treinamento de potência). O cálculo do tamanho amostra neste estudo foi realizado no Software de código aberto G*Power (versão 3.1.9.7, Berlim, Alemanha) considerando a estatística t com $\alpha = 0,05$ e o beta padrão = 0,80. Foi estimada uma amostra mínima de 13 sujeitos, farão parte da amostra 26 atletas no total, serão divididos em dois grupos de acordo com a modalidade esportiva, sendo (13 atletas atletismo experientes = Atletismo nacional e internacional); (13 atletas taekwondo experientes = taekwondo nacional e internacional) todos do gênero masculino com experiência mínima de 36 meses na prática do esporte, com a faixa etária compreendida entre 18 e 30 anos de idade.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.683.032

Objetivo da Pesquisa:

Segundo os pesquisadores, os objetivos são:

Objetivo Primário:

Comparar a arquitetura muscular regional, a contração isométrica voluntária máxima e o desempenho da altura dos saltos verticais de atletas de taekwondo e corredores de atletismo.

Objetivo Secundário:

Comparar a área de secção transversa, espessura muscular, comprimento do fascículo e ângulo de penação dos músculos vasto lateral e reto femoral em diferentes comprimentos do fêmur, de atletas de taekwondo e corredores de atletismo. Comparar a contração isométrica voluntária máxima na cadeira extensora, a altura do Salto Vertical Agachado (SA) e do Salto Vertical com Contramovimento (SCM) de atletas taekwondo e corredores de atletismo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Quanto aos riscos e benefícios:

Riscos: Devido à realização do desempenho de contração isométrica voluntária máxima, em algum momento você poderá sentir algum desconforto, como por exemplo, cansaço, devido ao esforço

da atividade. Entretanto, não é esperada nenhuma sensação diferente das já vivenciadas por você durante o treino diário.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Página 01 de 05

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.683.032

Benefícios:

Os benefícios que você poderá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: contribuir para o estudo do esporte olímpico, sobretudo para o desenvolvimento da exploração de variáveis que estão envolvidas no processo de treinamento e desempenho, além de ter um retorno acerca da sua estrutura muscular e a interação com desempenho dos membros inferiores através da contração isométrica voluntária máxima e altura dos saltos verticais

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

- Trata-se de um projeto de doutorado em Ciências do Esporte (EEFFTO);
- Não possui co-participante;
- Orçamento relevante, mas todos os materiais necessários já foram adquiridos pelo programa;
- Não há pedido de dispensa de TCLE;
- Segundo parecer do departamento, os pesquisadores possuem experiência acadêmica condizente com o projeto;
- Projeto relevante para a área da saúde, especialmente para a área das Ciências do Esporte, como destacado no parecer enviado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- Documentos enviados:
 1. Folha de rosto assinada corretamente;
 2. Aprovação pela Câmara do Departamento de Esporte realizada;
 3. Instrumentos de coleta de dados presentes no Projeto (não foi enviado como documento separado);
 4. Projeto completo enviado corretamente;
 5. TCLE enviado de acordo com as regras do CEP.

Recomendações:

Informar no TCLE, o tempo e local que o material coletado ficará armazenado

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Levando em consideração os detalhamentos assinalados, sou, S.M.J, favorável à aprovação do projeto

de pesquisa.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Página 01 de 05

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
 MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.683.032

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2245610.pdf	29/11/2023 20:53:05		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEProjetoTekwondoeAtletismo.pdf	29/11/2023 20:52:01	Rodrigo César Ribeiro Diniz	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetodePesquisaDetalhadoTaekwodo Atletismo.pdf	29/11/2023 20:51:10	Rodrigo César Ribeiro Diniz	Aceito
Outros	ParecerConsubiadoProjeto.pdf	29/11/2023 20:49:38	Rodrigo César Ribeiro Diniz	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	29/11/2023 20:47:15	Rodrigo César Ribeiro Diniz	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 04 de Março de 2024

Assinado por:

Corinne Davis Rodrigues (Coordenador(a))