

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Enzo Guerra Grigôlo

**RELAÇÃO ENTRE ESPESSURA MUSCULAR, DESEMPENHO DE
SALTOS E PICO DE TORQUE EM JOGADORES PROFISSIONAIS
DE FUTSAL**

Porto Alegre

2024

Enzo Guerra Grigôlo

**RELAÇÃO ENTRE ESPESSURA MUSCULAR, DESEMPENHO DE
SALTOS E PICO DE TORQUE EM JOGADORES PROFISSIONAIS
DE FUTSAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Educação Física da Escola Superior de Educação Física, Fisioterapia e Dança, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre

2024

E.G.G

**RELAÇÃO ENTRE ESPESSURA MUSCULAR, DESEMPENHO DE
SALTOS E PICO DE TORQUE EM JOGADORES PROFISSIONAIS
DE FUTSAL**

Conceito final:

Aprovado em de de

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jeam Marcel Geremia, Dr.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Ronei Silveira Pinto, Dr.
Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado especialmente aos meus pais, Giovani e Cláudia, que me ensinaram pelas suas ações e palavras de afirmação que não há ambição impossível de ser alcançada nessa vida. Muito obrigado por seu apoio incondicional e por terem sido a minha base inabalável durante todos esses anos.

Dedico a todos os meus familiares mais próximos, em especial à minha namorada Júlia, que me acompanhou várias semanas durante a construção desse trabalho, sempre me apoiando e sendo um lugar de conforto nos momentos de descanso.

Aos meus amigos próximos, em especial Lucas, Eduardo, Nicole e Eduarda, que me acompanham desde o período da escola e são a prova de que família é mais que laços de sangue. Obrigado pela sua amizade e parceria de sempre.

Aos membros do GPTF, em especial ao Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto, meu orientador que sempre me apoiou e confiou em mim desde o primeiro momento, me abrindo as portas para o grupo. Aos meus amigos e colegas que me apoiaram durante todo esse período da graduação, em especial meu coorientador e amigo Dr. Carlos Leonardo Figueiredo Machado e aos “estagiários”: Mdo. Israel Trapaga, Mdo. Raphael Fortes e Victor Rodrigues, obrigado por todo o suporte, conversas, ensinamentos e companheirismo. Agradeço também de maneira especial a outros colegas do grupo, como o Ddo. Rodrigo Neske, Mayver Ollerman, Felipe Posselt e Bruno Strey, que contribuíram não só para a formação desse trabalho, como também pela sua parceria no dia a dia e na realização de outros projetos.

Ao GPAT, onde fiquei durante quase três anos da minha graduação, em especial aos Doutores Artur Preissler e Pedro Schons por me abrirem as portas para o mundo da pesquisa e por todos os ensinamentos que certamente levo para toda a vida.

Aos meus amigos do Primes que moram Brasil afora, muito obrigado pela sua amizade, apoio e compreensão sempre que não pude estar presente em função desse período da minha formação.

Por fim, agradeço a todos os professores, colegas e amigos que me acompanharam durante toda a minha formação, com a certeza que de alguma

maneira, todas essas pessoas contribuíram para a minha evolução como futuro profissional, pesquisador e pessoa.

“O corpo não é uma máquina como nos diz a ciência. Nem uma culpa como nos fez crer a religião. O corpo é uma festa.”
Eduardo Galeano

RESUMO

O futsal é uma modalidade esportiva de característica intermitente, que envolve ações rápidas em alta intensidade, que são determinantes em partidas. Notavelmente, é esperado que atletas com maiores níveis de massa e força muscular máxima apresentem superior desempenho em demandas esportivas rápidas e intensas. Nos últimos anos, devido ao menor custo financeiro e possibilidades de aplicabilidade, tem crescido o uso da ultrassonografia no cenário esportivo. Porém, até então, a relação da medida de espessura muscular com a força máxima e o desempenho de salto em atletas foi pouco investigada, sendo que nenhum estudo com essa proposta foi encontrado com atletas de futsal. Assim, o objetivo do presente estudo foi correlacionar a espessura muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral com o pico de torque isométrico (70° de flexão) e dinâmico (60°/s) de extensores do joelho e a altura de saltos em atletas de futsal. A amostra foi composta por 14 jogadores profissionais de futsal (26,64 ± 7,75 anos; 1,74 ± 0,05 m; 72,75 ± 8,14 kg) de uma equipe da primeira divisão nacional do Brasil. Foi utilizada a correlação de Pearson para verificar a relação entre os parâmetros analisados. O nível de significância adotado foi $\alpha < 0,05$. Não foi observada relação significativa entre a espessura muscular com a força muscular máxima isométrica e dinâmica ou com a altura de salto. Os achados no presente estudo indicam que a medida de espessura muscular não apresenta relação significativa com a produção de força (isométrica e dinâmica), nem com o desempenho em saltos verticais em atletas profissionais de futsal, contrariando achados prévios especialmente encontrados em populações idosas.

Palavras-chave: Ultrassom. Desempenho neuromuscular. Força máxima. Salto com contramovimento.

ABSTRACT

Futsal is an intermittent sport characterized by quick, high-intensity actions that are decisive in matches. Notably, it is expected that athletes with higher levels of muscle mass and maximum strength will demonstrate superior performance in rapid and intense sporting demands. In recent years, due to its lower financial cost and applicability, the use of ultrasound in the sports setting has increased. However, until now, the relationship between muscle thickness measurement and maximum strength, as well as jump performance in athletes, has been poorly investigated, with no studies found with futsal athletes. Thus, the aim of the present study was to correlate the muscle thickness of the rectus femoris and vastus lateralis with the isometric (at 70°) and dynamic (at 60°/s) peak torque of knee extensors and jump height in futsal players. The sample consisted of 14 professional futsal players (26.64 ± 7.75 years; 1.74 ± 0.05 m; 72.75 ± 8.14 kg) from a top-tier national team in Brazil. Pearson's correlation was used to assess the relationship between the analyzed parameters. The significance level adopted was $\alpha < 0.05$. No significant relationship was observed between muscle thickness and isometric and dynamic maximum muscle strength or jump height. The findings of this study indicate that muscle thickness measurement does not show a significant relationship with performance in professional futsal players, contrary to previous findings, especially those found in elderly populations.

Keywords: Ultrasound. Neuromuscular performance. Maximum Strength. Countermovement Jump.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Correlações da espessura muscular de reto femoral com as demais variáveis de desempenho.....	30
Figura 2 – Correlações da espessura muscular de vasto lateral com as demais variáveis de desempenho.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos jogadores de futsal.....	29
Tabela 2 – Análise de correlações.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EM – Espessura muscular

RF – Reto femoral

VL – Vasto lateral

CMJ – Salto com contramovimento

FC – Frequência cardíaca

VO₂ – Consumo de oxigênio

SJ – Salto agachado

EI – Eco intensidade

QMT – Qualidade muscular de quadríceps

MIVC – Contração máxima isométrica voluntária

TPT – Taxa de produção de torque

PT – pico de torque

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 DEMANDAS E CARACTERÍSTICAS DO FUTSAL.....	16
3.2 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS NEUROMUSCULARES NOS ESPORTES COLETIVOS.....	18
3.3 ULTRASSONOGRRAFIA DE QUADRÍCEPS FEMORAL E DESEMPENHO	20
4. METODOLOGIA.....	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	24
4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA	24
4.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	24
4.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	25
4.5 VARIÁVEIS DO ESTUDO	25
4.5.1 Variáveis de caracterização da amostra	25
4.5.2 Variáveis analisadas.....	25
4.6 PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES.....	26
4.6.1 Composição corporal.....	26
4.6.2 Espessura muscular.....	26
4.6.3 Pico de torque isométrico e concêntrico.....	27
4.6.4 Salto vertical com contramovimento	27
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
5. RESULTADOS	29
6. DISCUSSÃO	35
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O futsal é uma modalidade esportiva de característica intermitente, que envolve ações rápidas em alta intensidade como *sprints*, trocas de direção e acelerações e desacelerações, alternadas com atividades de baixa e moderada intensidade (SPYROU *et al.*, 2020; TAYLOR *et al.*, 2017). Importaneamente, as ações intensas e rápidas são vistas como determinantes na modalidade, tendo em vista sua presença em momentos decisivos durante uma partida (i.e., ações de ataque, defesas e gols) (NASER; ALI; MACADAM, 2017; SPYROU *et al.*, 2020; TAYLOR *et al.*, 2017). Notavelmente, é esperado que atletas com maiores níveis de massa e de força muscular consigam realizar de forma mais eficiente ações determinantes em modalidades esportivas (DE FREITAS *et al.*, 2019; FREITAS *et al.*, 2019; LOTURCO *et al.*, 2016). Esta lógica é reforçada por estudos prévios que verificaram relações positivas entre a massa muscular e a força muscular de membros inferiores, assim como com o desempenho funcional avaliado por testes de saltos, *sprints* e troca de direção em atletas (AKTUG *et al.*, 2016; MACHADO *et al.*, 2022; NEWMAN *et al.*, 2004). Tais achados reforçam a importância da avaliação destes parâmetros em atletas de diferentes modalidades esportivas.

Nos últimos anos, devido ao menor custo financeiro e possibilidades de aplicabilidade, tem crescido o uso da ultrassonografia dentro do cenário do esportivo (ABE *et al.*, 2015; BAZYLER *et al.*, 2018; MELVIN *et al.*, 2014; STOCK *et al.*, 2017). Esta medida tem sido especialmente utilizada para obter medidas de massa muscular em atletas (BROWN *et al.*, 2023; CUNHA *et al.*, 2020; MERSMANN *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2022). Fora deste ambiente, a medida de espessura muscular (EM) do músculo quadríceps femoral via ultrassonografia tem apresentado correlação positiva com a força muscular máxima e desempenho funcional em idosos (CADORE *et al.*, 2012; WILHELM *et al.*, 2014). Em contrapartida, até então a relação da EM com o desempenho em atletas foi pouco investigada. Em estudo prévio, Brown *et al.* (2023) verificaram a ausência de correlações significativas entre a EM dos músculos bíceps femoral e semitendinoso com a força excêntrica de flexores de joelho em jogadores jovens de futebol. Notavelmente, em atletas de futsal, desconhecemos estudos verificando a relação da EM com parâmetros de desempenho neuromuscular. Uma vez que medidas de força muscular em condição isométrica e dinâmica, assim como

de saltos são comumente vistas em períodos de pré-temporada em atletas de futsal (FORTES *et al.*, 2023; MACHADO *et al.*, 2022, 2023a; NAKAMURA *et al.*, 2015), parece importante conhecer a relação da EM com estas capacidades.

Como exposto, conhecer fatores relacionados com parâmetros de desempenho neuromuscular (e.g., força máxima e desempenho de saltos) em jogadores de futsal parece fundamental, uma vez que estas medidas podem estar relacionadas com a performance física em momentos decisivos em partidas. Em adição, com potencial de maior acessibilidade, a medida de EM via ultrassonografia tem demonstrado relação significativa com a força e o desempenho de saltos (CADORE *et al.*, 2012; RECH *et al.*, 2014; WILHELM *et al.*, 2014). Contudo, ainda há poucos estudos investigando a relação desta medida com parâmetros de desempenho em atletas, limitando o conhecimento sobre o uso desta medida neste cenário. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo verificar a relação da EM com parâmetros de desempenho neuromuscular comumente adotados em momentos de pré-temporada em jogadores de futsal. Especificamente, observou-se a relação da EM dos músculos reto femoral (RF) e do vasto lateral (VL) com a força muscular isométrica e dinâmica de extensores de joelho e com a altura de salto em jogadores profissionais de futsal.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Correlacionar a espessura muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral com o desempenho de saltos em atletas profissionais de futsal e com a força muscular isométrica e concêntrica de extensores de joelho

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Correlacionar a espessura muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral com o desempenho do salto com contramovimento em atletas profissionais de futsal;
- Correlacionar a espessura muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral com o pico de torque isométrico em atletas profissionais de futsal;
- Correlacionar espessura muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral com o pico de torque concêntrico em atletas profissionais de futsal;
- Correlacionar o pico de torque em condição isométrica com o pico de torque concêntrico em atletas profissionais de futsal;
- Correlacionar o pico de torque em condição isométrica e concêntrica com o desempenho do salto com contramovimento em atletas profissionais de futsal.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DEMANDAS E CARACTERÍSTICAS DO FUTSAL

O futsal é uma modalidade que vem se popularizando ao redor do mundo (SPYROU *et al.* 2020). Entre suas características, está a demanda de ações de alta intensidade realizadas de forma intermitente, sendo o futsal um esporte que é normalmente decidido em ações de alta intensidade e envolve altas demandas físicas, técnicas, táticas e fisiológicas nos seus praticantes (SPYROU *et al.*, 2020; TAYLOR *et al.*, 2017). Uma partida de futsal é composta por dois tempos de vinte minutos e dez minutos de intervalo entre elas (FIFA, 2020). Porém, a contagem do tempo é parada sempre que a bola não está em jogo, aumentando a duração das partidas para 75 a 90 minutos (ÁLVAREZ *et al.*, 2002). Além dos cinco que começam em quadra, cada equipe pode ter no máximo nove reservas, sendo as substituições ilimitadas e irrestritas ao longo da partida (FIFA, 2020).

A literatura recente vem apresentando um aumento no interesse de entender melhor as demandas envolvidas nessa modalidade de maneira geral durante e após uma partida (BARBERO-ALVAREZ *et al.*, 2008; CASTAGNA *et al.*, 2009; OHMURO *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2020; YIANNAKI *et al.*, 2020). Há estudos que buscam observar o desempenho técnico e físico de acordo com a fadiga de um jogo (MILANEZ *et al.*, 2020; MILIONI *et al.*, 2016). Também é possível encontrar um estudo que traz a caracterização das ações de *sprint* e *sprints* repetidos realizados por posição ao longo de uma partida (CAETANO *et al.*, 2015) ou em comparação com outras modalidades (CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2014; JIMÉNEZ-REYES *et al.*, 2019). Barbero-Alvarez *et al.* (2008) trazem um estudo muito citado na literatura, em que os autores descrevem e discriminam uma série de demandas a partir de análises de vídeo e de frequência cardíaca dos jogadores, relatando demandas essenciais de serem compreendidas durante uma partida.

Outro assunto de relevância na literatura atualmente é a característica dos atletas que praticam a modalidade em nível profissional. Dentro da literatura mais recente, podem ser encontrados estudos que trazem variáveis antropométricas, fisiológicas e neuromusculares, que possuem cada uma sua relevância dentro das demandas impostas pela modalidade (SPYROU *et al.*, 2020; TAYLOR *et al.*, 2017).

As variáveis antropométricas são importantes para entender as capacidades físicas de um atleta, apesar de não serem uma medida de desempenho físico, podendo ter relação com o sucesso esportivo e a performance no esporte (RIENZI *et al.*, 2000). Como um exemplo disso, é esperado que um mesmo atleta com maior quantidade de massa magra tenha sua performance aumentada em função da sua capacidade de produzir força ser aumentada (VILA SUÁREZ *et al.*, 2008 apud SPYROU *et al.*, 2020). Alguns estudos visam observar os jogadores de futsal a partir das variáveis antropométricas (GALY *et al.*, 2015; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, 2020; MACHADO *et al.*, 2022, 2023b; NIKOLAIDIS *et al.*, 2019; SEKULIC *et al.*, 2021; TEIXEIRA *et al.*, 2022).

As variáveis fisiológicas são importantes dentro do contexto do jogo, por terem relação com as ações em alta intensidade que ocorrem frequentemente dentro das partidas. Elas também apresentam relação com o estresse fisiológico imposto pelas sessões de treinamento e jogos, bem como sua capacidade de recuperação de tais eventos (SPYROU *et al.*, 2020). Exemplos de meios para mensuração podem ser a análise da frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO_2) e concentração de lactato ([La]) (BARBERO-ALVAREZ *et al.*, 2008; IMPELLIZZERI *et al.* 2006). Vários estudos trazem a caracterização de atletas de futsal com base nas medidas de frequência cardíaca (BARBERO-ALVAREZ *et al.*, 2008; GALY *et al.*, 2015; NAKAMURA *et al.*, 2020; TEIXEIRA *et al.*, 2022), consumo de oxigênio máximo (BARONI; LEAL JUNIOR, 2010; CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2014; MACHADO *et al.*, 2023b; MILANEZ *et al.*, 2011), distância percorrida em diferentes intensidades (DE FREITAS *et al.*, 2015; NAKAMURA *et al.*, 2015); desempenho de *sprints* (JIMÉNEZ-REYES *et al.*, 2019; NIKOLAIDIS *et al.*, 2019; SEKULIC *et al.*, 2021) e concentração de lactato (WLODARCZYK *et al.*, 2020).

Por fim, as variáveis neuromusculares são extremamente importantes para o desempenho no futsal, visto que jogadores mais fortes e potentes tendem a ter melhor desempenho em trocas de direção, *sprints*, acelerações e desacelerações e saltos (DE FREITAS *et al.*, 2019). Diversos estudos contam com a caracterização de atletas de futsal para as diferentes variáveis neuromusculares (FORTES *et al.*, 2023; LÓPEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2020; MACHADO *et al.*, 2022, 2023a; NIKOLAIDIS *et al.*, 2019) sendo o salto com contramovimento a avaliação mais utilizada (CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2014; DE FREITAS *et al.*, 2019; GALY *et al.*, 2015; LOTURCO *et al.*,

2018; NAKAMURA *et al.*, 2015; SEKULIC *et al.*, 2021; TEIXEIRA *et al.*, 2022). Como exposto, a relevância de ter capacidades neuromusculares bem desenvolvidas se faz presente para um bom desempenho em esportes coletivos, sempre seguindo as demandas impostas pelo jogo e compreendendo as características dos atletas. O desempenho de diferentes parâmetros neuromusculares pode ser avaliado de diferentes maneiras no esporte, estando presentes em todos os momentos de uma temporada para controle, prevenção de lesões e prescrição de treinamento.

3.2 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS NEUROMUSCULARES NOS ESPORTES COLETIVOS

Considerando que os esportes coletivos são decididos majoritariamente por ações rápidas em alta intensidade, como *sprints*, saltos e trocas de direção, em movimentos explosivos, faz sentido que o desenvolvimento da força e da potência nesses atletas desempenhem melhor em campo. Resumindo, é esperado que atletas com suas capacidades neuromusculares mais desenvolvidas consigam realizar de forma mais eficiente essas ações tidas como determinantes (DE FREITAS *et al.*, 2019; FREITAS *et al.*, 2019; LOTURCO *et al.*, 2016).

Apesar de ser encontrado na literatura que as demandas entre o futsal e outros esportes coletivos são diferentes entre si, ainda é possível encontrar similaridades no que determina o sucesso esportivo (LOTURCO *et al.*, 2018; TAYLOR *et al.*, 2017). O futebol, exemplo mais próximo do futsal em termos de jogo formal, compartilha a característica de ter ações em alta intensidade e de ser uma modalidade intermitente com várias acelerações e desacelerações (JIMÉNEZ-REYES *et al.*, 2019). Portanto, essa lógica existe, mesmo que os esportes apresentem diferenças ao analisar de maneira quantitativa as ações realizadas (LOTURCO *et al.*, 2018; TAYLOR *et al.*, 2017). Podemos perceber na literatura que os estudos compartilham avaliações de parâmetros neuromusculares entre os esportes, já que a lógica do que se quer avaliar é mantida (MCGUIGAN; CORMACK; GILL, 2013). Exemplos disso podem ser encontrados nas avaliações de dinamometria isocinética (AKTUG *et al.*, 2016; BARONI *et al.*, 2020; HADZIC *et al.*, 2010; KIM;JEOUNG, 2016; MARKOU; VAGENAS, 2006; NEWMAN *et al.*, 2004; SCHONS *et al.*, 2018; VEECK *et al.*, 2022),

função do ciclo alongamento-encurtamento através do cálculo do índice de força reativa (DE STE-CROIX *et al.*, 2019; JARVIS *et al.*, 2022; PÉREZ-IFRÁN *et al.*, 2022; SOUTHEY *et al.*, 2023), saltos (DOS'SANTOS *et al.*, 2017; LOTURCO *et al.*, 2015; PÉREZ-IFRÁN *et al.*, 2022; SCHONS *et al.*, 2018, 2023), teste de uma repetição máxima de membros inferiores (DOS'SANTOS *et al.*, 2017) e variáveis de arquitetura muscular medidas pela ultrassonografia (BAZYLER *et al.*, 2018; BROWN *et al.*, 2023; CUNHA *et al.*, 2020; MELVIN *et al.*, 2014; MERSMANN *et al.*, 2017).

Voltando o olhar mais especificamente para a modalidade do futsal, diversos estudos apresentam meios de avaliar os parâmetros neuromusculares, usando avaliações como saltos com e sem contramovimento (CUADRADO-PEÑAFIEL *et al.*, 2014; DE FREITAS *et al.*, 2019; GALY *et al.*, 2015; LOTURCO *et al.*, 2018; NAKAMURA *et al.*, 2015; SEKULIC *et al.*, 2021), salto com contramovimento assistido e força isométrica no *handgrip* (NIKOLAIDIS *et al.*, 2019), teste de uma repetição máxima de membros inferiores (CUADRADO-PEÑAFIEL *et al.*, 2014; DE FREITAS *et al.*, 2019; LOTURCO *et al.*, 2018), testes de potência de membros inferiores em exercícios de treinamento de força tradicional (LOTURCO *et al.*, 2018; NAKAMURA *et al.*, 2015), resposta a estímulo elétrico das propriedades contráteis do RF e bíceps femoral (LÓPEZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2020), dinamometria isocinética (FORTES *et al.*, 2023; MACHADO *et al.*, 2022, 2023a), função do ciclo alongamento-encurtamento através do cálculo do índice de força reativa (SEKULIC *et al.*, 2021) e variáveis de arquitetura muscular medidas pela ultrassonografia (TEIXEIRA *et al.*, 2022).

A avaliação de dinamometria isocinética dentro do contexto dos esportes coletivos é retratada em diversos estudos (AKTUG *et al.*, 2016; BARONI *et al.*, 2020; FORTES *et al.*, 2023; HADZIC *et al.*, 2010; KIM; JEOUNG, 2016; NEWMAN *et al.*, 2004; MACHADO *et al.*, 2022, 2023a; MARKOU; VAGENAS, 2006; SCHONS *et al.*, 2018; VEECK *et al.*, 2022). A força muscular de extensores e flexores de joelho é comumente usada para determinar se um jogador está apto ou não para retornar ao esporte, bem como tendo o potencial de apontar riscos de lesões, visto que em jogos coletivos ações de alta intensidade são determinantes e explicam muitas das lesões nas modalidades (BARONI *et al.*, 2020; BUCKTHORPE, 2019; KELLIS *et al.*, 2022; UNDHEIM *et al.*, 2015). A força máxima de flexores e extensores de joelho é entendida a partir do PT e as razões como a interação entre esses picos. Por esses motivos, a avaliação dessas variáveis passou a ser incluída nas baterias de testes de equipes de

futsal, bem como de outros esportes, apesar de haver na literatura recente divergências sobre o seu uso e o reconhecimento de algumas limitações (GREEN *et al.*, 2020; IZOVSKA *et al.*, 2022; KELLIS *et al.*, 2022; MACHADO *et al.*, 2023^a; VAN DYK *et al.*, 2016).

Como já foi percebido, os saltos são amplamente utilizados na literatura para retratar o desempenho de potência de membros inferiores em atletas de futsal (CUADRADO-PEÑAFIEL *et al.*, 2014; DE FREITAS *et al.*, 2019; GALY *et al.*, 2015; NAKAMURA *et al.*, 2015; SEKULIC *et al.*, 2021) e outros esportes coletivos (DOS'SANTOS *et al.*, 2017; LOTURCO *et al.*, 2018; PÉREZ-IFRÁN *et al.*, 2022; SCHONS *et al.*, 2018, 2023). Em especial, a avaliação do salto com contramovimento (CMJ), que relata a potência de membros inferiores com a utilização do ciclo alongamento-encurtamento, sendo possível ver a sua função ao fazer sua razão com o salto agachado (SJ) ou utilizar o CMJ otimizado para o cálculo do índice de força reativa (MCGUIGAN; CORMACK; GILL, 2013).

O método de avaliação pela técnica de ultrassonografia é não-invasivo, relativamente rápido e de menores riscos e custos quando comparado às suas alternativas como DXA ou a ressonância eletromagnética (ABE *et al.*, 2015). A partir da ultrassonografia muscular, é possível observar diversas variáveis de arquitetura do músculo como espessura, área de secção transversa, eco intensidade (EI), ângulo de penação e qualidade muscular (ABE *et al.*, 2014; ABE *et al.*, 2015; STOCK *et al.*, 2017). São vários os estudos que relatam variáveis de arquitetura muscular medidas através da ultrassonografia em esportes coletivos (BAZYLER *et al.*, 2018; BROWN *et al.*, 2023; CUNHA *et al.*, 2020; MELVIN *et al.*, 2014; MERSMANN *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2022). Entre os estudos encontrados, apenas um é voltado para a modalidade do futsal (TEIXEIRA *et al.*, 2022), mostrando assim haver uma escassez de estudos envolvendo o ultrassom na área.

3.3 ULTRASSONOGRRAFIA DE QUADRÍCEPS FEMORAL E DESEMPENHO

Sabendo que a ultrassonografia muscular é um método não-invasivo e de bom custo-benefício quando comparado às suas alternativas (ABE *et al.*, 2015), alguns estudos na literatura reportam o uso desse método de avaliação em diferentes

esportes para avaliar lesões e comparar com o desempenho funcional (ABE *et al.*, 2014; WILHELM *et al.*, 2014). Segundo Abe *et al.* (2014), considerando que área de secção transversa e volume muscular são bons preditores de força e potência máximas, é esperado que haja uma boa relação entre EM e função muscular. Segundo Sarto *et al.* (2021), no cenário do esporte de elite, a ultrassonografia tem demonstrado diversas utilidades como: testar o condicionamento de atletas; detectar risco de lesões; avaliação de anormalidades nas estruturas musculares; e acompanhar os atletas para o retorno ao esporte após uma lesão. Sendo assim, o foco do presente estudo exige uma revisão voltada para estudos que buscaram relacionar variáveis de arquitetura muscular de quadríceps femoral, em especial a EM, com outras variáveis de desempenho físico.

Um bom exemplo é o estudo de Cadore *et al.* (2012), que trazem um estudo que visou investigar as relações entre a EI e o desempenho neuromuscular e cardiorrespiratório em idosos ($n = 31$; 64.7 ± 4.1 anos). Foram encontradas correlações significativas negativas entre a EI individual de RF e os valores correspondentes de PT isométrico e dinâmico de extensores de joelho a $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ e $360^{\circ}\cdot s^{-1}$ ($r = -0.48$ a -0.64). Também foram encontradas correlações significativas entre a EM individual e os valores correspondentes de PT isométrico e dinâmico ($r = 0.44$ a 0.62).

Mangine *et al.* (2015) em seu estudo que visou determinar se medidas unilaterais de arquitetura muscular do RF e VL se relacionam e podem prever a velocidade de *sprints*, bem como a força e potência unilaterais. A amostra foi composta por adultos fisicamente ativos (14 homens e 15 mulheres; 22.8 ± 2.4 anos), sendo considerada a pessoa como fisicamente ativa através do questionário de prontidão PAR-Q. Os autores reportaram uma maior contribuição da arquitetura de RF na cinética de *sprint* e trazem que a arquitetura de ambos demonstrou contribuir significativamente para a força e potência produzidas uni e bilateralmente em *sprints*. Ainda, é observado para qualidade muscular de RF e VL que os dois apresentam influência no tempo de *sprint*.

O estudo de Wilhelm *et al.* (2014) colabora com os resultados encontrados em Cadore *et al.* (2012), em seu estudo que objetivou correlacionar a EI total e individual dos músculos do quadríceps com força e potência muscular e capacidade funcional em idosos ($n = 50$; 66.1 ± 4.5 anos). Foram encontradas correlações significativas

negativas de EI total e individual com todas as variáveis de potência muscular ($r = -0.285$ a -0.746), sendo correlações fortes de EI total com o CMJ e moderadas com a potência de extensores avaliada no isocinético. Já para a EI individual dos músculos do quadríceps, foram relatadas correlações pequenas ou moderadas com as mesmas variáveis citadas anteriormente. Ainda foram encontradas correlações fortes positivas entre a EM do quadríceps (QMT) e todas as variáveis de potência ($r = 0.393$ a 0.753). Complementando, foram observadas correlações entre todos os valores de EI com valores isométricos de PT e 1RM ($r = -0.460$ a -0.657), bem como de QMT com essas mesmas variáveis ($r = 0.361$ a 0.656).

O estudo de Rech *et al.* (2014) com idosas ($n = 45$; $70,28 \pm 6,2$ anos), objetivou avaliar a relação entre a qualidade muscular do quadríceps femoral usando tensão específica e EI com taxa de produção de torque dos extensores do joelho e performance funcional de membros inferiores. Foram relatadas correlações negativas de EI do quadríceps femoral com o teste funcional de sentar e levantar por 30 segundos, contração isométrica voluntária máxima (MIVC) e *handgrip* isométrico ($r = -0,334$ a $-0,493$). Já a EM de quadríceps apresentou correlação significativa positiva com a contração isométrica voluntária máxima e *handgrip* isométrico. Individualmente, a EI de RF apresentou correlações significativas com todos os testes de força e funcionais aplicados ($r = -0,314$ a $-0,505$). Já para VL, foram encontradas correlações com MIVC e 30SS ($r = -0,385$ a $-0,427$). Ainda, em relação à taxa de produção de torque (TPT), as variáveis de EI e EM apresentaram ao menos alguma correlação significativa com TPT iniciais ou tardios, quando não os dois.

Já no estudo de Stock *et al.* (2017), o objetivo foi examinar as correlações de EI e EM com medidas de desempenho atlético e força isométrica em adolescentes com idade do ensino fundamental II. A amostra foi composta por adolescentes em idade do ensino fundamental II ($n = 28$; 12 ± 1 anos). Os resultados relataram correlações de EI para VL e RF com CMJ, pico de velocidade de salto, velocidade de *sprint*, agilidade ($r = 0.359$ a 0.436), porém não encontraram correlações significativas com PT e taxa de produção de torque para EI de VL. Para EM, foram encontradas correlações significativas do VL com velocidade de *sprint* e agilidade e, mas não com altura de salto CMJ. VL foi relatado como um predito significativo para a taxa de produção de torque em adolescentes. A correlação com PT foi muito fraca ($r = 0.014$). Para RF, foram encontradas correlações significativas para velocidade de

sprint e agilidade, mas não para altura de salto CMJ. A espessura muscular de RF foi considerada pelos autores como o preditor mais forte de capacidade atlética e força isométrica nessa amostra. Não foi encontrada correlação de EM com PT medido através do dinamômetro isocinético para ambas os músculos.

Considerando os estudos acima, podemos observar que há uma lógica em se afirmar que a EM de quadríceps femoral apresenta correlações favoráveis com o desempenho físico em diversas populações. Esses achados reforçam a importância de avaliar as relações entre variáveis como EM, força máxima em condição isométrica e dinâmica e desempenho de saltos em atletas, visto que o assunto foi pouco estudado na população do presente estudo. Ao longo da revisão, nenhum estudo foi encontrado com o mesmo objetivo do presente estudo em atletas de futsal. Isso evidencia uma lacuna na literatura em relação a estudos que verifiquem relações da EM com variáveis de desempenho em outras modalidades e, principalmente, em atletas de futsal.

4. METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo caracteriza-se como transversal, quantitativo e de correlação, com uma amostra não aleatória. Para a realização deste estudo, jogadores profissionais de futsal compareceram ao Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em uma visita em que as avaliações de composição corporal, ultrassonografia, força muscular e saltos verticais foram realizadas, respectivamente como são apresentadas a seguir. As avaliações ocorreram durante a pré-temporada, em Fevereiro de 2020.

4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A amostra do presente estudo foi composta por atletas profissionais de futsal de uma equipe do Rio Grande do Sul que havia conquistado títulos em nível regional no ano anterior, bem como disputava competições em nível nacional. O número amostral foi de quatorze atletas, que faziam parte do elenco da equipe (100% da equipe), à época das avaliações. A amostra foi obtida por conveniência, pois o presente estudo compõe parte de um projeto guarda-chuva em que ocorrem avaliações de composição corporal e desempenho em atletas de futsal. Adicionalmente, os participantes foram informados sobre os objetivos, riscos e benefícios do estudo, e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido previamente à sua realização.

4.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Inicialmente, um pesquisador entrou em contato com a comissão técnica da equipe para apresentar e explicar os objetivos do estudo. Logo que foi aceita a participação no estudo, as avaliações foram agendadas na semana seguinte à apresentação da equipe. Salienta-se que a participação dos jogadores foi por voluntariedade. Os diretores responsáveis pela equipe e os jogadores foram informados de todos os procedimentos metodológicos do estudo. Os procedimentos

experimentais realizados no presente estudo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (n° 2.903.811).

4.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram incluídos no estudo os atletas que compunham o elenco da equipe para a temporada a ser disputada, sendo considerados apenas os dados de atletas que realizaram todas as avaliações. Alguns parâmetros foram observados para a inclusão dos atletas no estudo: ser do sexo masculino; possuir índice de massa corporal entre 18,5 kg/m² e 29,9 kg/m²; ter vacinação completa (i.e., ao menos duas doses) para COVID-19 (Coronavirus disease 2019). Os critérios de exclusão do estudo foram: possuir lesão musculoesquelética que impossibilitasse as avaliações ou prática de exercício físico ou estar em processo de reabilitação musculoesquelética.

4.5 VARIÁVEIS DO ESTUDO

4.5.1 Variáveis de caracterização da amostra

- Idade (anos);
- Estatura (m);
- Massa corporal (kg);
- Índice de massa corporal (kg/m²);
- Massa magra total (kg);
- Massa gorda total (kg);
- Percentual de massa gorda total (%).

4.5.2 Variáveis analisadas

- Altura de salto de salto com contramovimento (cm);
- Pico de torque concêntrico de extensores de joelho (N.m);
- Pico de torque isométrico de extensores de joelho a 70° de flexão (N.m).
- Espessura muscular de reto femoral (mm);
- Espessura muscular do vasto lateral (mm).

4.6 PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES

4.6.1 Composição corporal

A composição corporal dos atletas foi avaliada utilizando a Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia (DXA) (*software* enCORE versão 14.1, Prodigy Primo, GE Healthcare, Chicago, Illinois, EUA). O equipamento foi calibrado antes das avaliações de acordo com as especificações do fabricante. As avaliações foram realizadas com os participantes utilizando uniformes de treino e acessórios metálicos removidos. Os participantes estavam deitados, alinhados e centrados na mesa de exame, com quadris e ombros estendidos e mãos em posição neutra para iniciar a digitalização. O mesmo avaliador experiente conduziu as avaliações. Os valores obtidos de massa corporal total, massa magra total, massa gorda total e porcentagem total de massa gorda corporal foram automaticamente informados pelo *software* do equipamento. Estes dados foram utilizados para caracterizar os participantes.

4.6.2 Espessura muscular

A avaliação da espessura muscular se deu por meio de imagem obtida com o aparelho de ultrassonografia (Nemio XG, Toshiba, Japão). Previamente a avaliação, os participantes permaneceram em repouso durante cinco minutos para a redistribuição dos fluidos corporais. Durante a avaliação, os sujeitos permaneceram em decúbito dorsal de maneira relaxada e o membro avaliado em extensão completa. As imagens foram obtidas usando B-modo e um transdutor com frequência de 9.0 MHZ (ganho de 90 dB e profundidade de 70 mm) posicionado de maneira perpendicular à área de interesse. Para aquisição da imagem, foi utilizado gel à base de água e foi evitado fazer qualquer tipo de pressão adicional sobre a pele. Foi considerada como espessura muscular a área entre a aponeurose superior e inferior dos músculos avaliados, com o fêmur centralizado servindo como referência para a obtenção da imagem. As imagens transversais dos músculos reto femoral e vasto lateral foram obtidas no ponto médio (i.e., 50%) entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur (KUMAGAI *et al.*, 2000). Três imagens de cada músculo

foram obtidas e as médias dos valores de espessura entre as imagens capturadas foram utilizadas. As análises foram efetuadas no *software* Image-J (versão 1.37, Instituto Nacional de Saúde, Bethesda, Estados Unidos) pelo mesmo avaliador.

4.6.3 Pico de torque isométrico e concêntrico

Os picos de torque da perna direita (n=14) foram avaliados utilizando um dinamômetro isocinético (Cybex Norm; Ronkonkoma, NY, EUA). Primeiramente, foi realizado um aquecimento de cinco minutos com esforço autorrelatado de baixo a moderado em um cicloergômetro (Movement Technology, BM2700, São Paulo, Brasil). Em seguida, os atletas foram posicionados no equipamento com o tronco flexionado a 85° e a articulação do joelho (epicôndilo lateral do fêmur) alinhada com o eixo de rotação do dinamômetro. Além disso, perna, coxa, torso e pelve foram fixados por tiras para evitar movimentos compensatórios (MACHADO *et al.*, 2022). Os participantes foram instruídos a realizar todas as contrações com esforço máximo, ou seja, "o mais rápido e forte possível" (MACHADO *et al.*, 2022). Encorajamento verbal foi fornecido, enquanto feedback visual foi fornecido em tempo real em uma tela colocada na frente dos participantes. Inicialmente, foi realizado um aquecimento específico consistido de dez contrações dinâmicas submáximas a 120°/s. Os PT dos flexores e extensores do joelho foram avaliados durante cinco contrações consecutivas usando o modo concêntrico-concêntrico a 60°/s (amplitude de movimento: 0°– 90°, 0° = extensão completa). Antes de cada teste máximo, três repetições submáximas foram realizadas como pré-teste para esclarecer quaisquer dúvidas adicionais sobre os testes máximos. O pré-teste e o teste máximo foram separados por um período de descanso de 30 segundos. Após os testes máximos, houve um intervalo de 60 segundos. O mesmo avaliador experiente conduziu as avaliações. O equipamento automaticamente forneceu o valor de pico de torque observado em cada contração dos testes máximos. O maior valor de pico de torque observado entre as cinco repetições realizadas foi utilizado para as análises.

4.6.4 Salto vertical com contramovimento

O desempenho no salto vertical foi estabelecido a partir da máxima altura obtida no salto com contramovimento. A avaliação foi realizada utilizando um tapete de contato eletrônico (versão 1.0 do *software*, Cefise - Jump System Pro - Brasil). Os atletas foram informados sobre os procedimentos da avaliação e aspectos técnicos do salto. Após as instruções, os participantes realizaram cinco saltos submáximos como um aquecimento em que foram sanadas dúvidas adicionais sobre o teste. Os participantes realizaram o teste com as mãos nos quadris, executando o salto em uma amplitude de movimento confortável e autoselecionada com um intervalo de 30 segundos entre cada tentativa. A altura do salto foi determinada a partir do cálculo do tempo de voo, automaticamente realizado pelo *software* do próprio equipamento (equação proposta por BOSCO e RUSCO, 1983). Foi instruído aos atletas que saltassem o mais rápido e forte possível para atingir a maior altura. Os participantes receberam incentivo, *feedback* verbal e visual durante todo o teste. A média de altura (cm) de três saltos válidos com maior desempenho foi utilizada nas análises.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados dos jogadores estão apresentados em média, desvio-padrão (DP) e valores mínimos e máximos de cada variável. Foi utilizado Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Para as correlações, foi utilizada a correlação de Pearson, visto que a distribuição de todos os dados foi paramétrica. Em relação à classificação das correlações, foram consideradas: triviais ($r = \leq 0,1$), pequenas ($r = 0,1 < r \leq 0,3$), moderadas ($r = 0,3 < r \leq 0,5$), grandes ($r = 0,5 < r \leq 0,7$), muito grandes ($r = 0,7 < r \leq 0,9$), quase perfeitas ($r = > 0,9$) e perfeita ($r = 1$) (Cohen *et al.*, 2013). A análise dos dados foi realizada por meio do programa de computador Jamovi v2.3.26 (Jamovi Project). O nível de significância adotado foi $\alpha < 0,05$.

5. RESULTADOS

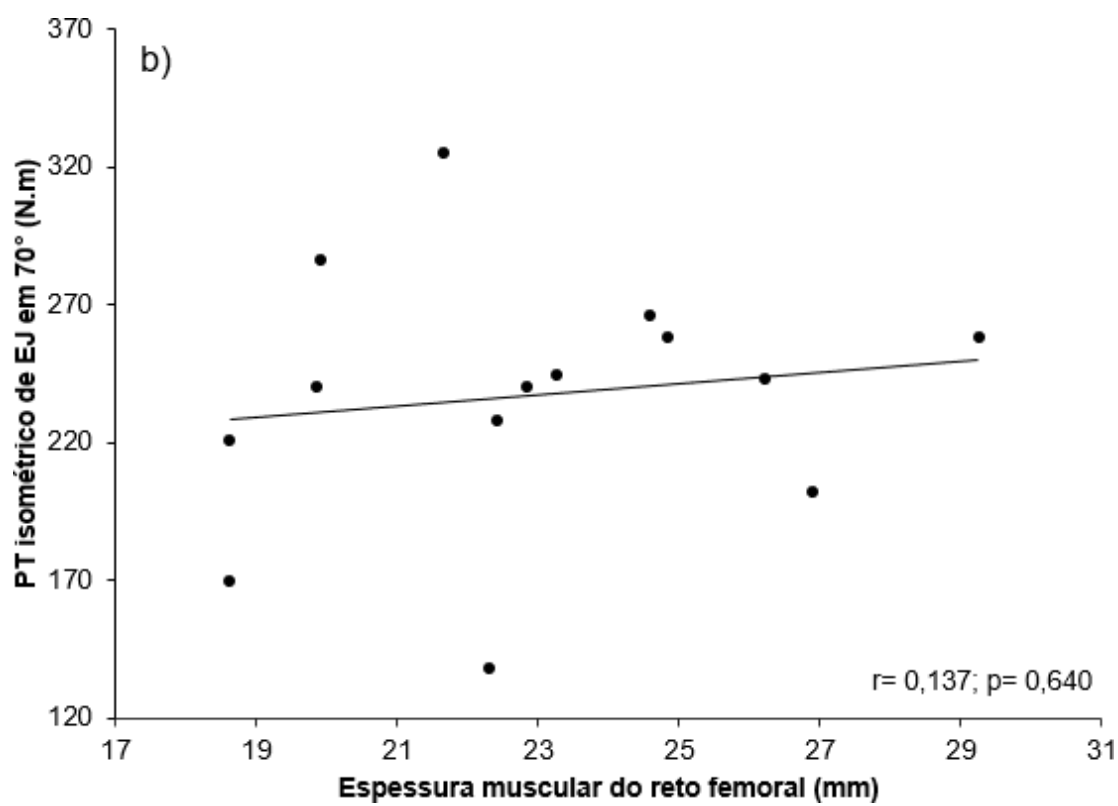
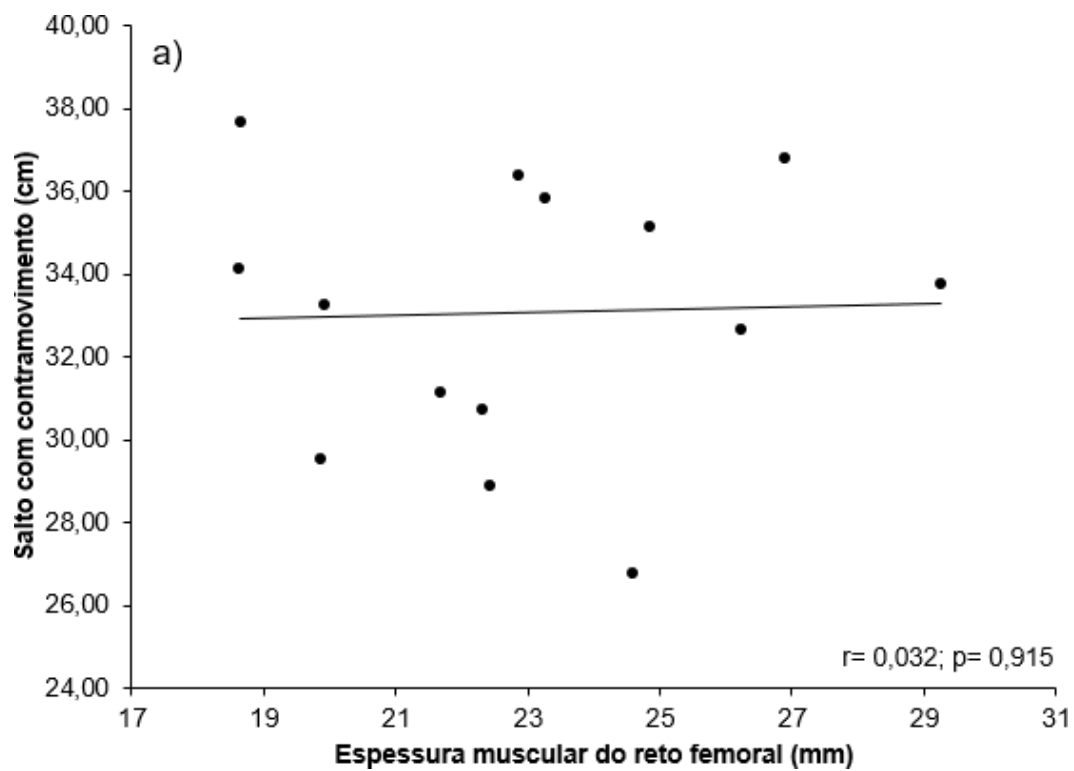
As informações referentes à caracterização da amostra, composição corporal, EM, força muscular máxima e altura de salto estão apresentadas na tabela 1. Todos os atletas realizaram todas as avaliações sem nenhum incidente.

Tabela 1. Caracterização dos jogadores de futsal (n=14).

	Média ± DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	26,64 ± 7,75	19	40
Estatura (m)	1,74 ± 0,05	1,68	1,85
Massa corporal (kg)	72,75 ± 8,14	59,1	87,1
Índice de massa corporal (kg/m ²)	24,03 ± 2,13	20,94	28,69
Massa magra total (kg)	57,14 ± 5,57	47,13	67,66
Massa gorda total (kg)	12,33 ± 3,53	6,99	20,14
Percentual de massa gorda total (%)	17,54 ± 3,59	12,1	25
Espessura muscular do reto femoral (mm)	22,95 ± 3,17	18,63	29,26
Espessura muscular do vasto lateral (mm)	26,83 ± 3,64	20,19	32,41
PT concêntrico dos extensores de joelho (N.m)	200 ± 25,63	163	244
PT isométrico dos extensores de joelho a 70° (N.m)	237 ± 46,27	138	325
Altura de salto no CMJ (cm)	33,07 ± 3,27	26,78	37,68

PT = pico de torque; CMJ = countermovement jump

As correlações entre os valores de EM do RF e do VL com as demais variáveis foram destacadas em figuras 1 e 2. Na figura 1, podemos observar que a EM de RF não apresentou correlação significativa com salto com contramovimento, PT isométrico e concêntrico de extensores de joelho ($p > 0,05$). Esse comportamento se repetiu para a EM do VL (figura 2).



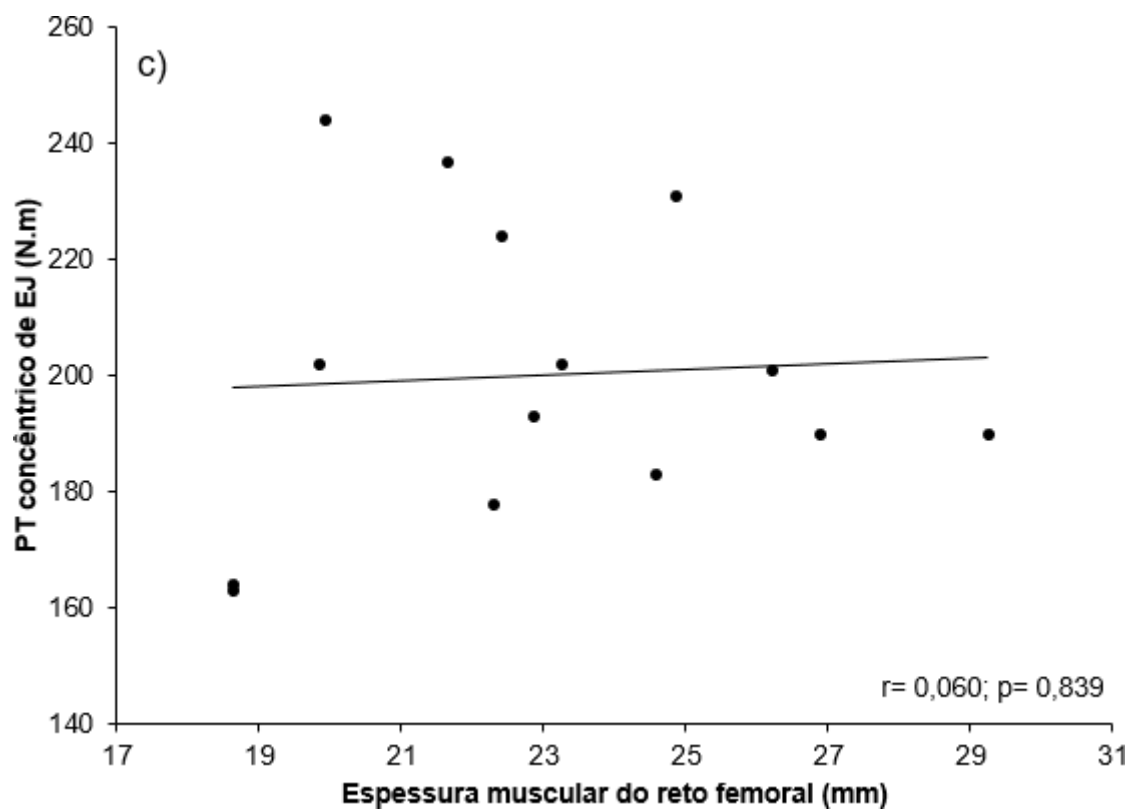
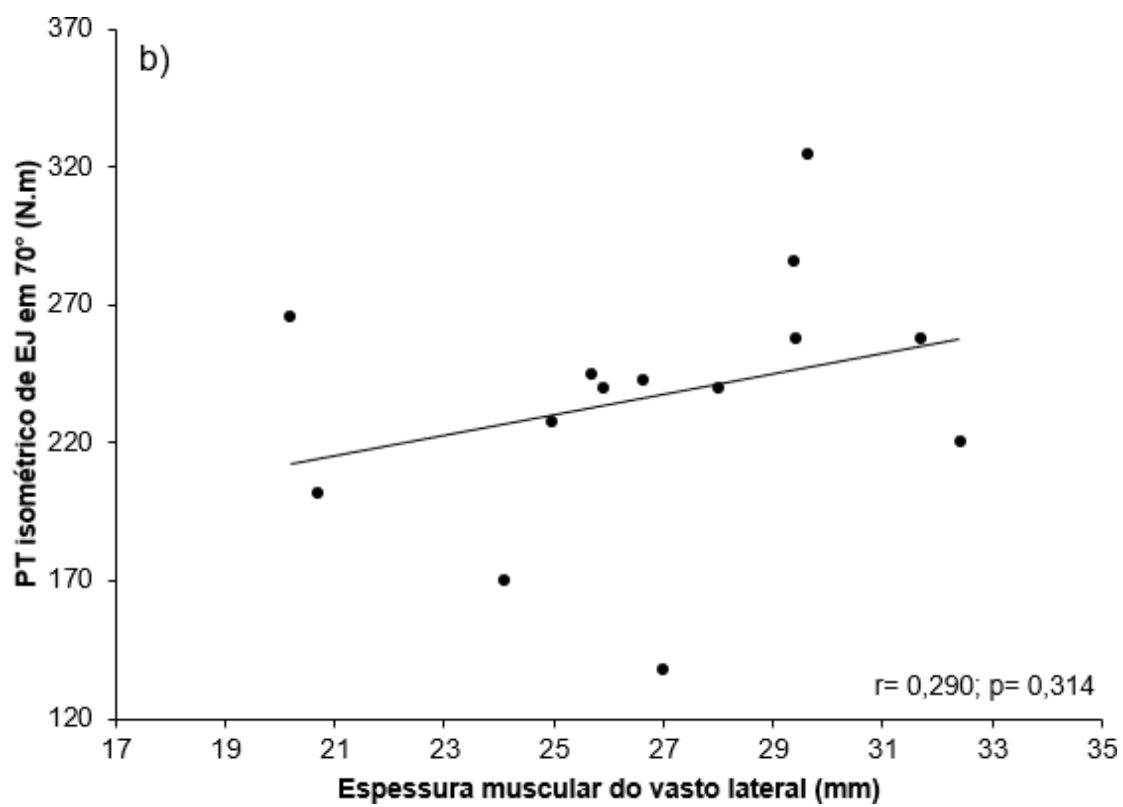
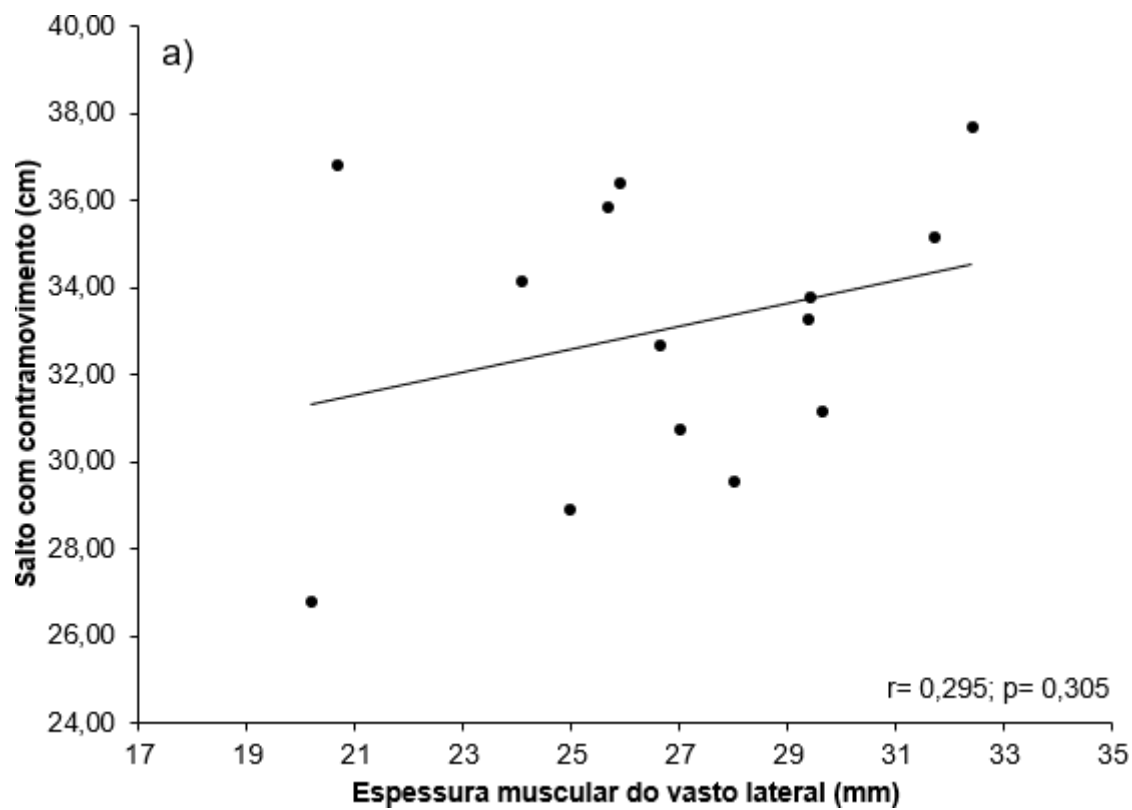


Figura 1. Correlações da EM de reto femoral com: a) salto com contramovimento; b) PT isométrico de extensores de joelho; c) PT concêntrico de extensores de joelho. PT = pico de torque; EJ = extensores de joelho.



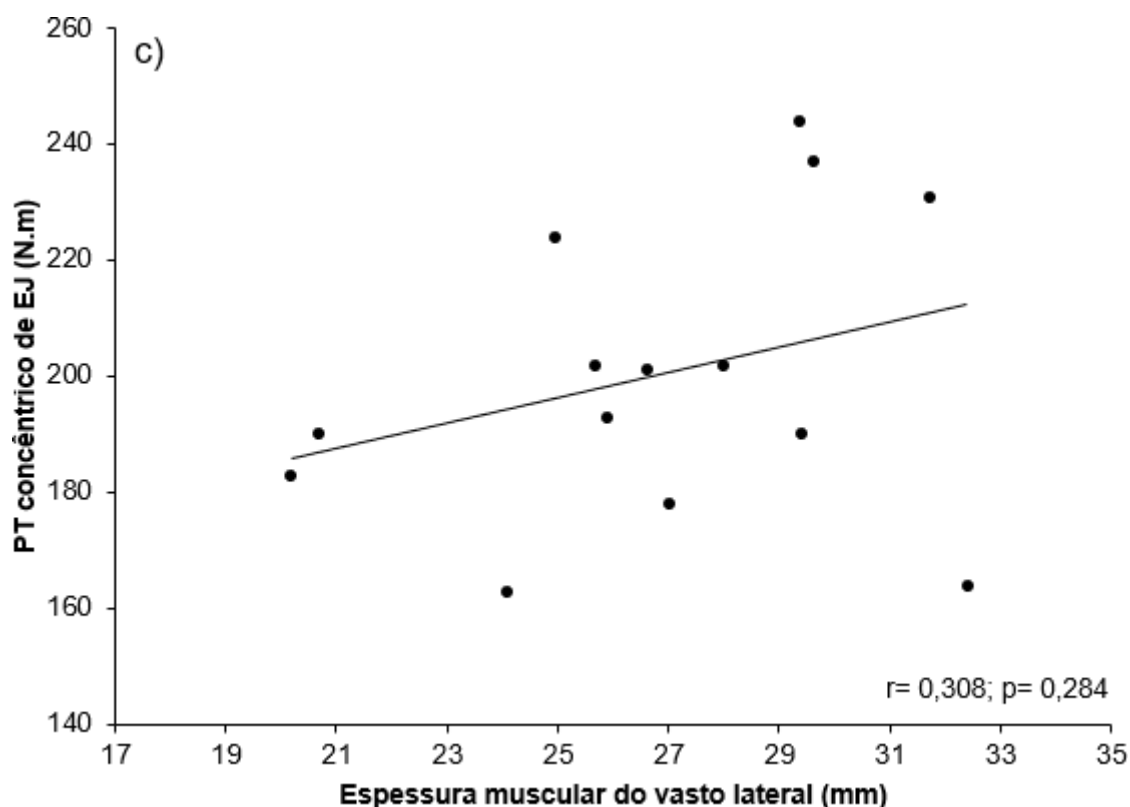


Figura 2. Correlações da EM de vasto lateral com: a) salto com contramovimento; b) PT isométrico de extensores de joelho; c) PT concêntrico de extensores de joelho. PT = pico de torque; EJ = extensores de joelho.

A tabela 2 apresenta as correlações observadas entre as variáveis de EM e desempenho neuromuscular. De maneira geral, foi encontrada apenas uma correlação significativa positiva grande entre PT concêntrico e isométrico a 70° de extensores de joelhos ($r = 0,696$; $p < 0,01$). Os picos de torque concêntrico e isométrico apresentaram correlações não significativas negativas e pequenas com o salto com contramovimento ($r = -0,196$ e $-0,137$, respectivamente).

Tabela 2. Análise de correlações (n=14).

	Espessura muscular do reto femoral (mm)		Espessura muscular do vasto lateral (mm)		Salto com contramovimento (cm)		PT concêntrico de EJ (N.m)		PT isométrico de EJ em 70° (N.m)	
	r de Pearson	p	r de Pearson	p	r de Pearson	p	r de Pearson	p	r de Pearson	p
Espessura muscular - reto femoral (mm)	—	—								
Espessura muscular - vasto lateral (mm)	-0,244	0,400	—	—						
Salto com contramovimento (cm)	0,032	0,915	0,295	0,305	—	—				
PT concêntrico de EJ (N.m)	0,060	0,839	0,308	0,284	-0,196	0,502	—	—		
PT isométrico EJ em 70° (N.m)	0,137	0,640	0,290	0,314	-0,137	0,640	0,696**	0,006	—	—

PT = pico de torque, EJ = extensores de joelho; * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

6. DISCUSSÃO

O principal desfecho do estudo foram as correlações entre EM e as variáveis de força isométrica, dinâmica e desempenho de saltos verticais. Inicialmente, não foram encontradas correlações significativas entre a EM de RF e VL com força isométrica e dinâmica e desempenho de salto. Foi encontrada uma correlação grande positiva entre PT isométrico e dinâmico dos extensores de joelho. Ainda, não foram encontradas correlações significativas entre PT em condição isométrica ou concêntrica e desempenho de salto. Por fim, outro achado que merece ser pontuado, é que mesmo sem significância, a EM do VL apresentou melhores correlações com as variáveis avaliadas (saltos verticais e força isométrica e dinâmica máximas) do que a EM do RF no presente estudo. Sendo assim, é possível formular a hipótese de que os resultados das correlações para VL poderiam ser ainda mais evidentes com uma amostra maior, visto que é apresentado na literatura uma relação entre massa muscular e desempenho em ações determinantes nos esportes (MACHADO *et al.*, 2023b; NIKOLAIDIS *et al.*, 2019; SEKULIC *et al.*, 2021), bem como força máxima e saltos (CADORE *et al.*, 2012; RECH *et al.*, 2014; WILHELM *et al.*, 2014) em diferentes populações.

Como exposto, a massa muscular demonstra uma relação favorável com a capacidade em realizar ações determinantes para esportes coletivos como saltos, *sprints* e trocas de direção (MACHADO *et al.*, 2023b; NIKOLAIDIS *et al.*, 2019; SEKULIC *et al.*, 2021). Recentes estudos investigaram a EM de músculos do quadríceps femoral e isquiotibiais em modalidades como voleibol (BAZYLER *et al.*, 2018; MERSMANN *et al.*, 2017), futebol (BROWN *et al.*, 2023; CUNHA *et al.*, 2020), futebol americano (MELVIN *et al.*, 2014) e futsal (TEIXEIRA *et al.*, 2022). Isso mostra o crescente uso da ultrassonografia para realizar esse tipo de avaliação em atletas. Contudo, estes trabalhos não verificaram a relação da EM com medidas de desempenho esportivo. Notavelmente, os estudos conduzidos sobre a relação da EM muscular com desempenho têm sido especialmente realizados com populações idosas (CADORE *et al.*, 2012; RECH *et al.*, 2014; WILHELM *et al.*, 2014), ou adolescentes e adultos jovens (MANGINE *et al.*, 2015; STOCK *et al.*, 2017). A literatura tem demonstrado uma correlação favorável entre a EM de músculos do quadríceps de forma individual e somada com variáveis de desempenho como PT

isométrico e concêntrico, desempenho em saltos, *sprints* e testes de uma repetição máxima em idosos. Ainda assim, esses achados não são consensuais. Em estudo prévio, Stock *et al.* (2017) sugerem que os músculos RF e VL podem ser fortes preditores do desempenho atlético em adolescentes. Contudo, os autores não verificaram correlações significativas da EM de ambos os músculos com PT.

Quando comparados com a literatura, os achados do presente estudo não seguem a lógica apontada por pesquisas conduzidas com idosos, em que são encontradas correlações significativas moderadas ou fortes entre a EM e medidas de desempenho funcional (CADORE *et al.*, 2012; RECH *et al.*, 2014; WILHELM *et al.*, 2014). Alguns fatores podem contribuir para a compreensão desta divergência entre achados. É possível observar uma tendência de relações entre a EM com a força isométrica e dinâmica ou desempenho de saltos em populações com condições de declínio de massa muscular, força e potência muscular, tal como populações idosas. Como podemos perceber no estudo de Stock *et al.* (2017) e no presente estudo, a massa muscular pode não ter uma contribuição tão determinante para o desempenho em populações que possuem suas capacidades neuromusculares e de desempenho mais desenvolvidas (e.g. atletas profissionais) ou ainda em desenvolvimento (e.g. adolescentes) ou preservadas.

Outra possibilidade para a ausência de relação entre a EM e o desempenho de salto no presente estudo é o teste de saltos. É importante observar que apesar de ser comumente utilizada, a medida de salto vertical pode não representar da melhor maneira as demandas da modalidade ou as capacidades ótimas de atletas de futsal. Saltos verticais são ações frequentes em muitas modalidades coletivas como voleibol e basquete. Contudo no cenário de demandas do futsal (i.e., acelerações de curta duração) existe uma forte contribuição de ações motoras máximas de sentido horizontal (LOTURCO *et al.*, 2015). Ainda, é possível considerar o período em que o estudo foi conduzido possa ter interferido nos presentes achados. Este pensamento emerge uma vez que os testes foram realizados logo no início da pré-temporada, quando os atletas vinham de um período de destreino e não possuíam grandes acúmulos de treinamentos e adaptações destas intervenções. Tais condições impactaram a condição de desempenho ótimo em que atletas foram avaliados. É esperado que períodos prolongados (e.g., > quatro semanas) afetem negativamente o desempenho de saltos e a produção de força máxima e a quantidade de massa

muscular. Contudo, as alterações de força e de potência muscular pode ser de maior magnitude quando comparadas às relacionadas à massa muscular (PEREIRA *et al.*, 2020; SUAREZ-ARRONES *et al.*, 2019), o que evidencia que os participantes poderiam não estar com suas capacidades neuromusculares bem otimizadas (SILVA *et al.*, 2016). Nesta perspectiva, parece interessante que futuros estudos realizem avaliações em diferentes períodos da temporada. Notavelmente, o uso da ultrassonografia muscular em esportes ainda é muito recente na literatura, com poucos estudos publicados sobre o tema (BAZYLER *et al.*, 2018; BROWN *et al.*, 2023; CUNHA *et al.*, 2020; MELVIN *et al.*, 2014; MERSMANN *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2022). Assim, as expectativas de relação da EM com o desempenho de estudos oriundos com idosos podem ser equivocadas. Contudo, mais estudos são necessários para contribuir com a melhor compreensão da relação da EM com o desempenho em atletas.

É importante considerar algumas limitações no presente estudo. O número amostral foi restrito, em função da amostra ser recrutada por conveniência. Porém, os dados apresentam relevância, dado que a amostra foi composta por atletas de elite dentro da sua modalidade. Outra limitação foi o período em que os testes foram realizados, visto que as capacidades de desempenho de força em relação à quantidade de massa muscular podem não estar tão otimizadas quanto em outros momentos da temporada. Mais uma limitação foi que para as avaliações realizadas, foram feitas as análises de salto com contramovimento (bipodal) *versus* as demais medidas de forma unilateral. Por fim, uma outra limitação foi o teste adotado para a avaliação do desempenho de saltos, que possui uma produção de força majoritariamente vertical, podendo estar afastada das demandas de força horizontal presentes no futsal. Nesta lógica, é possível que saltos horizontais se apresentem mais adequados para a análise aqui realizada. Ainda assim, o presente estudo contribui com o conhecimento sobre a relação da EM com o desempenho em atletas profissionais de futsal.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo não encontrou relação significativa entre EM de RF e VL e força máxima (isométrica e dinâmica) ou desempenho de saltos. Da mesma forma, não foram encontradas relações significativas entre PT em condição isométrica ou dinâmica com desempenho de salto. Os resultados achados no presente estudo indicam a necessidade de novos estudos nesse mesmo tema com atletas de futsal e de outras modalidades, ainda mais pela avaliação de ultrassonografia muscular no esporte estar em crescimento nos últimos anos, sendo o presente estudo o primeiro que adota essa metodologia em atletas de futsal profissional.

REFERÊNCIAS

- ABE, Takashi *et al.* Morphological and functional relationships with ultrasound measured muscle thickness of the upper extremity and trunk. *Ultrasound*, v. 22, n. 4, p. 229-235, 2014.
- ABE, Takashi; LOENNEKE, Jeremy P.; THIEBAUD, Robert S. Morphological and functional relationships with ultrasound measured muscle thickness of the lower extremity: a brief review. *Ultrasound*, v. 23, n. 3, p. 166-173, 2015.
- AKTUĞ, Z. B.; HARBILI, E.; HARBILI, S. Comparison of isokinetic knee strength between the dominant and non-dominant legs and relationships among isokinetic strength, vertical jump, and speed performance in soccer players. *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, v. 8, n. 1, p. 8-14, 2016.
- ÁLVAREZ, J. *et al.* Cardiovascular and metabolic necessities of indoor football: analysis of the competition. *Apunts. Phys Educ Sports*, v. 67, p. 45-53, 2002.
- BARBERO-ALVAREZ, J. Carlos *et al.* Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of sports sciences*, v. 26, n. 1, p. 63-73, 2008.
- BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C. P. Aerobic capacity of male professional futsal players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, v. 50, n. 4, p. 395, 2010.
- BARONI, Bruno Manfredini *et al.* Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: rectus femoris vs. vastus lateralis. *Muscle & nerve*, v. 48, n. 4, p. 498-506, 2013.
- BARONI, Bruno Manfredini *et al.* Hamstring-to-quadriceps torque ratios of professional male soccer players: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 34, n. 1, p. 281-293, 2020.
- BAZYLER, Caleb D. *et al.* Jumping performance is preserved but not muscle thickness in collegiate volleyball players after a taper. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 32, n. 4, p. 1020-1028, 2018.
- BROWN, Matthew *et al.* Correlations Between Hamstring Muscle Architecture, Maturation, and Anthropometric Measures in Academy Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 18, n. 6, p. 615-624, 2023.
- CADORE, Eduardo Lusa *et al.* Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Experimental Gerontology*, v. 47, n. 6, p. 473-478, 2012.
- CAETANO, Fabio Giuliano *et al.* Characterization of the sprint and repeated-sprint sequences performed by professional futsal players, according to playing position, during official matches. *Journal of applied biomechanics*, v. 31, n. 6, p. 423-429, 2015.

CASTAGNA, Carlo *et al.* Match demands of professional Futsal: a case study. *Journal of Science and medicine in Sport*, v. 12, n. 4, p. 490-494, 2009.

COHEN, Jacob. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press, 2013.

CUADRADO-PEÑAFIEL, V. *et al.* Repeated sprint ability in professional soccer vs. professional futsal players. 2014.

CUNHA, Giovani dos Santos *et al.* Maturity status effects on torque and muscle architecture of young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, v. 38, n. 11-12, p. 1286-1295, 2020.

DE FREITAS, Victor H. *et al.* Sensitivity of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test and cardiac autonomic responses to training in futsal players. *International journal of sports physiology and performance*, v. 10, n. 5, p. 553-558, 2015.

DE FREITAS, Victor Hugo *et al.* Training aimed at the development of power and physical performance of futsal players. *Brazilian Journal of Kineanthropometry & Human Performance*, v. 21, 2019.

DE STE CROIX, Mark *et al.* Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players?. *European Journal of Sport Science*, v. 19, n. 8, p. 1130-1139, 2019.

DOS SANTOS, Thomas *et al.* Relationships between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance. *Sports (Basel)*. 2017 Sep 13;5(3):68.

FIFA (2020). *Laws of the Game*. Zurich: Fédération Internationale de Football Association (FIFA).

FORTES, Raphael Pereira *et al.* Relationship between maximal strength and hamstring-to-quadriceps ratios in balanced and unbalanced legs in futsal athletes. *Sport Sciences for Health*, p. 1-8, 2023.

FREITAS, Tomás T. *et al.* Influence of strength and power capacity on change of direction speed and deficit in elite team-sport athletes. *Journal of Human Kinetics*, v. 68, p. 167, 2019.

GALY, Olivier *et al.* Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: a first approach to talent identification in Oceania. *Biology of sport*, v. 32, n. 2, p. 135-141, 2015.

GREEN, Brady *et al.* Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A 2020 systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 18, p. 1081-1088, 2020.

HADZIC, Vedran *et al.* The isokinetic strength profile of quadriceps and hamstrings in elite volleyball players. *Isokinetics and Exercise Science*, v. 18, n. 1, p. 31-37, 2010.

IMPELLIZZERI, Franco M. *et al.* Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International journal of sports medicine*, p. 483-492, 2005.

IZOVSKA, Jana *et al.* The hamstring and ACL injury incidence during a season is not directly related to preseason knee strength ratios in elite male soccer players. *Applied Sciences*, v. 12, n. 3, p. 1272, 2022.

JIMÉNEZ-REYES, Pedro *et al.* Differences in sprint mechanical force–velocity profile between trained soccer and futsal players. *International journal of sports physiology and performance*, v. 14, n. 4, p. 478-485, 2019.

KIM, Chang-Gyun; JEOUNG, Bog Ja. Assessment of isokinetic muscle function in Korea male volleyball athletes. *Journal of exercise rehabilitation*, v. 12, n. 5, p. 429, 2016.

KUMAGAI, Kenya *et al.* Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of applied physiology*, 2000.

LÓPEZ-FERNÁNDEZ, Jorge *et al.* Bilateral asymmetries assessment in elite and sub-elite male futsal players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 9, p. 3169, 2020.

LOTURCO, Irineu *et al.* Traditional periodization versus optimum training load applied to soccer players: effects on neuromuscular abilities. *International journal of sports medicine*, v. 37, n. 13, p. 1051-1059, 2016.

LOTURCO, Irineu *et al.* Selective influences of maximum dynamic strength and bar-power output on team sports performance: a comprehensive study of four different disciplines. *Frontiers in physiology*, v. 9, p. 1820, 2018.

SUAREZ-ARRONES, Luis *et al.* The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *PeerJ*, v. 7, p. e7466, 2019.

MACHADO, Carlos LF *et al.* The relationship between lower-limb body composition with isokinetic performance in futsal players: Body composition and performance in futsal players. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, v. 16, n. 3, p. 304-314, 2022.

MACHADO, Carlos Leonardo Figueiredo *et al.* Changes in knee flexion-extension performance and hamstring-to-quadriceps ratio during a fatiguing isokinetic protocol in male professional futsal players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, p. 1-15, 2023a.

MACHADO, Carlos Leonardo Figueiredo *et al.* Total and regional body composition are related with aerobic fitness performance in elite futsal players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, v. 35, p. 164-168, 2023b.

MANGINE, Gerald T. *et al.* Sprinting performance on the Woodway Curve 3.0 TM is related to muscle architecture. *European journal of sport science*, v. 15, n. 7, p. 606-614, 2015.

MARKOU, S.; VAGENAS, G. Multivariate isokinetic asymmetry of the knee and shoulder in elite volleyball players. *European Journal of Sport Science*, v. 6, n. 01, p. 71-80, 2006.

MCGUIGAN, Michael R.; CORMACK, Stuart J.; GILL, Nicholas D. Strength and power profiling of athletes: Selecting tests and how to use the information for program design. *Strength & Conditioning Journal*, v. 35, n. 6, p. 7-14, 2013.

MELVIN, Malia N. *et al.* Muscle characteristics and body composition of NCAA division I football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 28, n. 12, p. 3320-3329, 2014.

MERSMANN, Falk *et al.* Muscle and tendon adaptation in adolescence: elite volleyball athletes compared to untrained boys and girls. *Frontiers in Physiology*, v. 8, p. 417, 2017.

MILANEZ, Vinícius F. *et al.* The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *International journal of sports physiology and performance*, v. 6, n. 3, p. 358-366, 2011.

MILANEZ, Vinicius Flavio *et al.* Relationship between number of substitutions, running performance and passing during under-17 and adult official futsal matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, v. 20, n. 3, p. 470-482, 2020.

MILIONI, Fabio *et al.* Futsal match-related fatigue affects running performance and neuromuscular parameters but not finishing kick speed or accuracy. *Frontiers in physiology*, v. 7, p. 518, 2016.

NAKAMURA, Fábio Y. *et al.* Differences in physical performance between U-20 and senior top-level Brazilian futsal players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, v. 56, n. 11, p. 1289-1297, 2015.

NAKAMURA, Fabio Y. *et al.* Heart rate variability changes from traditional vs. ultra-short-term recordings in relation to preseason training load and performance in futsal players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 34, n. 10, p. 2974-2981, 2020.

NASER, Naser; ALI, Ajmol; MACADAM, Paul. Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science & Fitness*, v. 15, n. 2, p. 76-80, 2017.

NEWMAN, Mark A.; TARPENNING, Kyle M.; MARINO, Frank E. Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 18, n. 4, p. 867-872, 2004.

NIKOLAIDIS, Pantelis T. *et al.* The relationship of age and BMI with physical fitness in futsal players. *Sports*, v. 7, n. 4, p. 87, 2019.

OHMURO, Tatsuhiro *et al.* Physical match performance of Japanese top-level futsal players in different categories and playing positions. *Biology of Sport*, v. 37, n. 4, p. 359-365, 2020.

PEREIRA, Lucas A. *et al.* Short-term detraining does not impair strength, speed, and power performance in elite young soccer players. *Sports*, v. 8, n. 11, p. 141, 2020.

PÉREZ-IFRÁN, Pablo *et al.* Change of direction performance and its physical determinants among young basketball male players. *Journal of Human Kinetics*, v. 85, n. 1, p. 23-34, 2022.

RECH, Anderson *et al.* Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *Age*, v. 36, p. 1-9, 2014.

RIBEIRO, João Nuno *et al.* Activity profile and physical performance of match play in elite futsal players. *Frontiers in Psychology*, v. 11, p. 1709, 2020.

RIENZI, E. *et al.* Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, v. 40, n. 2, p. 162, 2000.

SARTO, Fabio *et al.* Implementing ultrasound imaging for the assessment of muscle and tendon properties in elite sports: Practical aspects, methodological considerations and future directions. *Sports Medicine*, v. 51, p. 1151-1170, 2021.

SCHONS, Pedro *et al.* The relationship between strength asymmetries and jumping performance in professional volleyball players. *Sports Biomechanics*, 2018.

SCHONS, Pedro *et al.* Comparisons and correlations between the anthropometric profile and physical performance of professional female and male soccer players: Individualities that should be considered in training. *International Journal of Sports Science & Coaching*, v. 18, n. 6, p. 2004-2014, 2023.

SEKULIC, Damir *et al.* Physiological and anthropometric determinants of performance levels in professional futsal. *Frontiers in psychology*, v. 11, p. 621763, 2021.

SILVA, Joao Renato *et al.* The transition period in soccer: a window of opportunity. *Sports Medicine*, v. 46, p. 305-313, 2016.

SOUTHEY, B. *et al.* Reactive Strength Index as a Key Performance Indicator in Different Athlete Populations—A Systematic Review. *Science & Sports*, 2023.

SPYROU, Konstantinos *et al.* Physical and physiological match-play demands and player characteristics in futsal: a systematic review. *Frontiers in psychology*, v. 11, p. 569897, 2020.

STOCK, Matt S. *et al.* Echo intensity and muscle thickness as predictors Of athleticism and isometric strength in middle-school boys. *Muscle & nerve*, v. 55, n. 5, p. 685-692, 2017.

TAYLOR, Jeffrey B. *et al.* Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, v. 47, p. 2533-2551, 2017.

TEIXEIRA, Filipe J. *et al.* A Novel Plant-Based Protein Has Similar Effects Compared to Whey Protein on Body Composition, Strength, Power, and Aerobic Performance in Professional and Semi-Professional Futsal Players. *Frontiers in Nutrition*, v. 9, p. 934438, 2022.

VAN DYK, Nicol *et al.* Hamstring and quadriceps isokinetic strength deficits are weak risk factors for hamstring strain injuries: a 4-year cohort study. *The American journal of sports medicine*, v. 44, n. 7, p. 1789-1795, 2016.

VEECK, Filipe *et al.* Dissociation between fatigued power output and traditional peak torque for isokinetic hamstring: quadriceps ratios in professional soccer players. *Sport Sciences for Health*, v. 18, n. 3, p. 967-973, 2022.

WILHELM, Eurico Nestor *et al.* Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age*, v. 36, p. 1113-1122, 2014.

WLODARCZYK, Michal *et al.* Change in lactate, ammonia, and hypoxanthine concentrations in a 1-year training cycle in highly trained athletes: applying biomarkers as tools to assess training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 34, n. 2, p. 355-364, 2020.

YIANNAKI, Christopher *et al.* Match performance in a reference futsal team during an international tournament—implications for talent development in soccer. *Biology of Sport*, v. 37, n. 2, p. 147-156, 2020.