

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Destter Álacks Antoniêtto

**O salto com contramovimento ou o salto com agachamento podem prever o
desempenho cinemático do chute *bandal chagi*?**

Juiz de Fora

2024

Destter Álacks Antoniêtto

O salto com contramovimento ou o salto com agachamento podem prever o desempenho cinemático do chute *bandal chagi*?

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Educação Física. Área de Concentração: Exercício e Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Ciro José Brito

Coorientador: Prof. Dr. Esteban Ariel Aedo-Muñoz

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Antoniétto, Destter Álacks .

O salto com contramovimento ou o salto com agachamento podem prever o desempenho cinemático do chute bandal chagi? / Destter Álacks. Antoniétto. -- 2024.

92 f. : il.

Orientador: Ciro José Brito

Coorientador: Esteban Ariel Aedo Muñoz

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2024.

1. Artes marciais. 2. Fenômeno biomecânico. 3. Tempo de movimento. 4. Cineantropometria. 5. Captura de movimento. I. Brito, Ciro José, orient. II. Muñoz, Esteban Ariel Aedo, coorient. III. Título.

Destter Álacks Antoniêtto

O salto com contramovimento ou o salto com agachamento podem prever o desempenho cinemático do chute *bandal chagi*?

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Educação Física. Área de Concentração: Exercício e Esporte.

Aprovada em 21 de agosto de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ciro José Brito - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Esteban Ariel Aedo Muñoz - Coorientador

Universidade de Santiago do Chile

Prof. Dr. Cristiano Diniz da Silva
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dra. Lindsei Brabec Mota Barreto
Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Washington Pires
Universidade Federal de Ouro Preto

Juiz de Fora, 16/07/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Ciro Jose Brito, Professor(a)**, em 22/08/2024, às 08:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **LINDSEI BRABEC MOTA BARRETO, Usuário Externo**, em 22/08/2024, às 08:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Osvaldo Costa Moreira, Usuário Externo**, em 22/08/2024, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Esteban Ariel Aedo Muñoz, Usuário Externo**, em 22/08/2024, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Washington Pires, Usuário Externo**, em 22/08/2024, às 23:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Diniz da Silva, Professor(a)**, em 23/08/2024, às 08:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1865765** e o código CRC **B170D6AD**.

Aos meus pais, que sempre lutaram para me entregar todas as oportunidades de me transformar em uma pessoa melhor e com isso, mudar o meio em que estou e ajudar as pessoas que vivem ao meu redor. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é a soma dos esforços de muitas pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente. Estou certo de que nem minha aprovação no programa de pós-graduação teria sido concretizada sem o apoio da minha família, amigos e colegas de trabalho. Por isso, essa página faz mais sentido que todas as outras. Muito obrigado a todos os que me ajudaram a realizar esse sonho.

Primeiro aos meus pais, Pedro e Vera. É inacreditável nível de doação a que vocês sempre se entregaram por nossa família. Sei que as vezes meu jeito austero nem sempre deixa transparecer o quanto eu os amo, e mesmo que nunca passem os olhos por essa página, deposito aqui a representação mais sincera em palavras pelo que sinto por vocês. Muito obrigado por acreditar em meus sonhos, investir em minhas necessidades e perdoar minha ausência constante. Continuarei fazendo de tudo, sempre, para que sintam pelo menos um pouco de orgulho desse filho louco.

À minha irmã, Daniella. Sei que nossa relação não parece ser das melhores e que as vezes eu sou muito obtuso. Ainda assim você se tornou uma referência em minha vida onde sei que terei apoio incondicional. Meu sobrinho é uma das grandes dádivas em minha vida que tem me provado e ensinado muito. Sempre amarei vocês.

À minha amiga Lindsei Brabec. O primeiro contato que fiz ainda enquanto aluno especial do programa de pós-graduação da UFJF. Obrigado Lindsei, por ter me acolhido com um sotaque ímpar (que gerou um pouco de confusão no início) nas salas de aula do doutorado e ter permitido que eu conhecesse parte da sua história. Para mim hoje você é um dos grandes exemplos de competência profissional dentro da Educação Física. Espero que sua trajetória continue sendo de muito sucesso e que você transforme a realidade por onde caminhe. Seja muito feliz, minha amiga.

Minhas amigas Daniele, Karine Lilian e Anaile. Sem vocês esse trabalho não seria realizado. A força e a cobrança que vocês me entregaram nos últimos meses foi fundamental para minha vida. Agradeço todos os dias por ter conhecido vocês e por fazer parte dessa família que a gente escolheu, porque acima de tudo, os meus dias são melhores quando estou com vocês. Assim celebro nossa amizade, pois tenho certeza de que por onde quer que eu ande, levarei todas vocês comigo, dando vazão à energia da coletividade que nos uniu até a sensibilidade da percepção das particularidades que fazem de vocês essa parte tão especial em mim. Espero de coração que vocês se sintam pelo menos um pouquinho assim também. Só

tenho a agradecer toda paciência, companhia e dedicação que vocês me demonstraram em todos esses anos. Amo vocês.

Ao meu orientador, Ciro. Muito obrigado pela confiança durante esses anos e por todos os ensinamentos. Você se tornou uma grande referência profissional para mim e um amigo querido. Espero muito ter correspondido à altura como seu orientando e peço desculpas pelas falhas no processo, pois queria ter aproveitado mais a pós-graduação, mas as obrigações laborais me consumiram muito tempo. Espero que nossa amizade continue mesmo após o doutorado.

Ao meu coorientador, Esteban Aedo. A vida coloca muitas surpresas em nossos caminhos, e você meu amigo, é um irmão a quem escolhi. Não tenho como te agradecer por tudo que me ensinou durante esses anos. Muito obrigado por me acolher em Santiago, muito obrigado por receber no Centro de Alto Rendimento e em sua casa. A maneira com a qual você compartilhou um pouco da sua vida comigo me fez muito feliz. Ainda que muito distante as vezes, pode contar comigo sempre que precisar. Estarei sempre do seu lado meu irmão.

Ao meu amigo Alejandro Bustamante. Tive dias difíceis em Santiago por vários fatores, mas se essa pesquisa está concluída hoje, tenho muito a te agradecer meu amigo. Você contribuiu diretamente no processamento e extração dos dados e carregou comigo um pouco das minhas dores. Você é raro meu amigo. Fiquei muito feliz em ter te conhecido.

Aos meus amigos e colegas de trabalho da Universidade Vale do Rio Doce. Muito obrigado pelo apoio, por tolerar os momentos difíceis e as ausências que ocorreram por ocasião dos estudos. A Univale é minha segunda (e por vezes primeira) casa e faz parte da minha família. Sem a motivação de trabalhar e me aprimorar enquanto profissional, essa titulação não faria sentido algum. Guardo todos vocês em meu coração.

A todos os professores do programa de pós-graduação da UFJF e UFV que contribuíram para minha formação.

“Toda vitória conquistada com violência se torna momentânea. [...] No entanto é melhor ser violento, se houver violência em nosso coração, que usar o manto da não violência para disfarçar a impotência” (GHANDI, 1942).

RESUMO

Este estudo objetivou mensurar o poder associativo e preditivo das variáveis biomecânicas do salto com contramovimento (SCM) e do salto com agachamento (SA), e o desempenho do *bandal chagi* realizado com o membro inferior dominante (D) posterior em atletas de elite do *Taekwondo* (TKD). Para isso, um total de 27 atletas de nível internacional (15 homens e 12 mulheres) desempenharam o SCM e o SA em duas plataformas de força. O *bandal chagi* foi monitorado utilizando um sistema de captura de movimento (VICON). Os principais resultados indicaram que a rigidez do membro inferior não dominante (ND) para o SCM demonstrou poder associativo por si só ($p=0.048$) ou em combinação com a taxa de desenvolvimento de força (TDF) na frenagem do movimento excêntrico ($p=0.031$) para a velocidade angular total do quadril. O pico de força na decolagem corrigido pela massa corporal (MC) para o SA foi capaz de prever o tempo total ($p=0.002$). A TDF/MC na fase concêntrica do movimento foi capaz de prever a aceleração linear total do pé, tanto por si só ($p=0.001$) ou em combinação com a velocidade vertical na decolagem ($p=0.042$). O preditor para a aceleração angular total do quadril foi o pico de força na decolagem (D) por si só ($p=0.019$) ou em combinação com o pico de potência/MC ($p=0.041$). Em conclusão, os testes de SCM e SA demonstraram associações específicas com o desempenho dos chutes do TKD. Essas análises nesse estudo indicaram que essas variáveis são boas preditoras para atletas de TKD, produzindo resultados consistentes de acordo com o nível dos participantes.

Palavras-chave: artes marciais; fenômeno biomecânico; tempo de movimento; cineantropometria; captura de movimento.

ABSTRACT

This study aimed to measure the associative and predictive strength of biomechanical variables of the countermovement jump (CMJ) and squat jump (SJ), and performance of the *bandal chagi* kick performed with the dominant (D) rear lower limb in elite *Taekwondo* (TKD) Athletes. For this, a total of 27 international level athletes (15 males and 12 females) performed the CMJ and SJ on two force platforms. The *bandal chagi* was monitored using a motion capture system (VICON). The main results indicated that non-dominant (ND) Stiffness for the CMJ showed predictive power alone ($p=0.048$) or in combination with eccentric braking rating of force development (RFD) ($p=0.031$) for total hip angular speed. Takeoff peak force/BM for the SJ predicted total time ($p=0.002$). Concentric RFD/BM predicted total linear foot acceleration, either alone ($p=0.001$) or with vertical speed at takeoff ($p=0.042$). The total hip angular acceleration predictor was takeoff peak force (D) alone ($p=0.019$) or in combination with peak power/BM ($p=0.041$). In conclusion, CMJ and SJ tests showed specific associations with TKD kick performance. These analyses in this study indicated that they are good predictors for TKD athletes, producing results consistent with the participants' levels.

Keywords: martial arts; biomechanical phenomena; time-motion studies; kinanthropometry; motion capture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desenho do estudo	41
Figura 2 – Análise cinemática do <i>bandal chagi</i>	45
Figura 3 – Teste de desempenho do <i>bandal chagi</i>	46
Figura 4 – Pontos anatômicos do modelo <i>plug-in gait</i> : vista lateral	47
Figura 5 – Pontos anatômicos do modelo <i>plug-in gait</i> : vista posterior	48
Figura 6 – Pontos anatômicos do modelo <i>plug-in gait</i> : vista anterior.....	49
Figura 7 – Modelo tridimensional no <i>software Nexxus</i>	50
Figura 8 – Fases dos chutes no <i>software Nexxus</i>	50
Figura 9 – Artigo publicado na revista Retos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características antropométricas dos participantes	53
Tabela 2 – Resultado das variáveis por sexo no salto contramovimento	53
Tabela 3 – Resultado das variáveis por atleta no salto com agachamento	54
Tabela 4 – Análise cinemática dividida por fase e sexo do chute <i>bandal chagi</i>	55
Tabela 5 – Correlações significantes entre salto contramovimento e medidas cinemáticas do <i>bandal chagi</i>	57
Tabela 6 – Correlações significantes entre salto com agachamento e medidas cinemáticas do <i>bandal chagi</i>	60
Tabela 7 – Regressão linear dos saltos contramovimento e com agachamento	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BM	Massa Corporal
bpm	Batimentos por minuto
cm	Centímetros
CMJ	Salto com contramovimento
D	Dominante
FSKT _{10s}	Teste de velocidade de frequência de 10 segundos
FSKT _{mult}	Teste de velocidade de frequência - multiplas sessões
g/s	Grau por segundo
Hz	Hertz
Kg	Quilogramas
Km/h	Quilômetros por hora
m/s	Metros por segundo
m/s ²	Metros por segundo ao quadrado
ms	Milissegundos
N	Newton
N/kg	Newton por quilograma
N/m	Newton por metro
N/s	Newton por segundo
N/s/kg	Newton por segundo por quilograma
ND	Não dominante
p	Probabilidade
r	Coficiente de correlação
RUT	Registro Único Tributário
SJ	Salto com agachamento
SPSS	Statistical package for social sciences
TDF	Taxa de desenvolvimento de força
W/kg	Watts por quilograma

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
=	Igual
>	Maior
±	Desvio padrão
≤	Menor ou igual
®	Marca registrada
°	Grau
η^2	Eta parcial ao quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3	HIPÓTESES.....	23
4	REVISÃO DE LITERATURA	24
4.1	O TAEKWONDO COMO ESPORTE DE COMBATE	24
4.2	CARACTERÍSTICAS DOS CHUTES DO TAEKWONDO	28
4.2.1	Características do <i>bandal chagi</i>	32
4.3	FASES DO <i>BANDAL CHAGI</i>	34
4.4	ESTUDOS BIOMECÂNICOS SOBRE OS CHUTES NO <i>TAEKWONDO</i>	38
5	METODOLOGIA	41
5.1	ABORDAGEM EXPERIMENTAL.....	41
5.2	PARTICIPANTES	42
5.3	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	42
5.3.1	Anamnese	42
5.3.2	Variáveis Antropométricas.....	42
5.3.3	Teste de Força de Membros Inferiores	43
5.3.4	Teste de Desempenho	44
5.3.5	Avaliação Cinemática.....	46
5.3.6	Análise dos Dados	51
5.3.7	Tratamento Estatístico	51
6	RESULTADOS.....	51
7	DISCUSSÃO.....	62
8	CONCLUSÃO	65

REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A – Diagrama de Seleção dos participantes	76
APENDICE B – Procedimento para Pinçamento da Dobra.....	77
APÊNDICE C – Formulário de coleta de dados	78
APENDICE D – Pontos de referência do salto com contramovimento	79
APENDICE E – Fases do salto com contramovimento	80
APENDICE F – Métricas de desempenho do salto com contramovimento.....	81
APENDICE G – Cálculo das variáveis do salto com contramovimento	82
APENDICE H – Pontos de referência do salto com agachamento	84
APENDICE I – Fases do salto com agachamento	85
APENDICE J – Métricas de desempenho do salto com agachamento	86
APENDICE K – Cálculo das variáveis do salto com agachamento.....	87
APENDICE L – Fases do <i>Bandal Chagi</i>	88
APENDICE M – Cálculo das variáveis do salto com agachamento	89

1 INTRODUÇÃO

O *Taekwondo* é um esporte de origem coreana, em que os lutadores objetivam conquistar o maior número de pontos sem estar sujeito a ações técnicas que resultem em contra-ataques e *knockdowns* do adversário (Santos; Loturco; Franchini, 2018). Os combates no *Taekwondo* são realizados em três rounds de dois minutos com intervalo de um minuto entre eles. Os critérios de pontuação variam de acordo com a relação entre técnicas aplicadas e áreas atingidas (*World Taekwondo Federation*, 2022). Para vencer os combates, os atletas buscam pontuar através de ações rápidas e precisas com socos e chutes (Kazemi; De Ciantis; Rahman, 2013). Essas ações podem ser precedidas de períodos que exigem menor intensidade de movimento, caracterizando o *Taekwondo* como um esporte de combate intermitente (Bridge *et al.*, 2014). De acordo com as relações de esforço e pausa durante os combates, estudos que empregam análises de tempo-movimento mostram que os lutadores realizam um breve período de alta intensidade (1,5 segundos) compreendidos nos tempos de ataque (Santos *et al.*, 2014).

Os períodos das ações não apresentam variação entre atletas dos sexos masculinos e femininos, porém o número de ataques e o tempo de ataque é maior nas categorias mais leves (Santos *et al.*, 2014). Essas especificidades podem resultar em diferentes adaptações fisiológicas relacionadas às categorias de peso (Santos; Herrera-Valenzuela; Franchini, 2019) e a intensidade do esforço exigido (Bürger-Mendonça *et al.*, 2015). As variações das adaptações em atletas de *Taekwondo* são avaliadas em diversos estudos que as correlacionam com o desempenho (Hausen *et al.*, 2017; Ouergui *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2019). Tal desempenho para as técnicas em alta intensidade dependem de características que correspondam a valores de referência para antropometria e aptidão neuromuscular, tais como força muscular, velocidade, tempo de resposta e flexibilidade (Kim; Nam, 2021). Essas características, entre outras, parecem ser importantes para a avaliação física dos atletas quando se trata de prever o desempenho esportivo, na detecção de talentos (Albuquerque *et al.*, 2022) e para prescrever rotinas de treinamento (Sant'ana; Sakugawa; Diefenthaler, 2021).

No estudo de Nikoladis *et al.* (2016), os autores compararam os valores de flexibilidade e força muscular de membros inferiores em grupos caracterizados pela idade, sexo e desempenho competitivo. Foi percebido que a aptidão neuromuscular pode variar pelo sexo, quando se trata dos níveis de força para homens e de flexibilidade para mulheres assim como idade, onde os grupos mais velhos detêm os melhores escores. Além de estudos que envolvem a definição de características de aptidão neuromuscular, há também estudos que monitoram o

desempenho de atletas de diferentes níveis competitivos a partir da avaliação de parâmetros biomecânicos com objetivo de compreender quais atletas são mais eficientes durante a aplicação das técnicas de competição (Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016).

O desempenho dessas técnicas pode ser monitorado através da avaliação cinemática dos chutes em atletas de *Taekwondo*, que por sua vez seguem diversas metodologias e objetivos. Para a avaliação biomecânica, os parâmetros mais estudados são a velocidade, tempo de reação e magnitude de impacto. O desenvolvimento de tais características pode influenciar diretamente no aprimoramento das técnicas de chute do *Taekwondo* e conseqüentemente contribuir para a vitória nos combates (Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016).

Assim, entre outras características, a velocidade do chute pode ser um fator preditor de sucesso competitivo (Wasik *et al.*, 2021) à medida que se entende que ações mais lentas estão sujeitas a comportamentos de estratégia defensiva mais efetivos como esquivas, bloqueios e até mesmo contra-ataques (Moreira; Paula, 2017). Em um estudo de análise técnico-tática, Falco *et al.* (2014) encontraram que atletas vencedores realizam menos ataques diretos e indiretos, porém realizam mais contra-ataques simultâneos e posteriores aos ataques e contra-ataques por antecipação. Esses resultados podem ser explicados por uma velocidade menor dos chutes dos atletas em níveis competitivos mais elementares (Moreira *et al.*, 2021).

Além da velocidade do chute, as características relacionadas à força muscular também são determinantes para que os ataques sejam convertidos em pontos. Moreira *et al.* (2021) encontraram que membros inferiores mais fortes são capazes de produzir mais pontos devido ao maior impacto dos chutes. Os autores apontaram ainda que a capacidade de produzir força com o quadril, combinada com a velocidade angular do joelho, são determinantes para diferenciar os níveis competitivos entre os atletas. Contudo, embora existam diversos estudos que avaliem o comportamento de atletas de *Taekwondo* em distintas técnicas, com vários perfis de níveis competitivos e que empreguem metodologias que envolvam o uso de testes para classificação das capacidades e do desempenho técnico de chutes em análises biomecânicas, poucos estudos conseguem relacionar os resultados das variáveis de força de membros inferiores com a análise do desempenho por fase dos chutes (Chang *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o presente estudo se justifica por relacionar o desempenho de atletas de elite do *Taekwondo* em testes de maior complexidade com as variáveis padronizadas de testes de força de membros inferiores, que por sua vez, apresentam características mais acessíveis para sua realização. Embora os testes com captura de movimento sejam efetivos para detectar padrões de movimento, esses testes não são portáteis ou financeiramente viáveis (Fiorentino *et*

al., 2013). Assim, parece existir uma busca por medidas indiretas que se relacionem com o desempenho monitorado por testes de captura de movimento e testes biomecânicos.

Considerando a escassez dos testes de análise biomecânica que avaliam os chutes por etapa e utilizam a reconstrução de modelos em três dimensões por captura de movimento, espera-se encontrar força de associação e predição entre o desempenho nos chutes e as variáveis dos testes de força de membros inferiores. Espera-se ainda que os resultados desse trabalho corroborem com profissionais da área para a busca e detecção de talentos esportivos, na diferenciação de níveis competitivos, na predição do desempenho esportivo e na elaboração de rotinas de treinamentos para as capacidades físicas dos atletas. Ademais, esse estudo pretende ainda oferecer apoio para que técnicos e treinadores possam gerenciar suas equipes de competição com a utilização de testes e recursos que possam estar mais disponíveis.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a relação das variáveis de força de membros inferiores mensuradas em testes de salto de contramovimento e salto com agachamento com o desempenho do *bandal chagi* em atletas de *Taekwondo*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar força muscular de membros inferiores;
- Descrever a cinemática das articulações do tornozelo, joelho, quadril e segmento do pé no lado dominante durante o desempenho do *bandal chagi*.
- Correlacionar o resultado dos testes de desempenho com os níveis de força de membros inferiores;
- Predizer desempenho do *bandal chagi* através da variável força de membros inferiores.

3 HIPÓTESES

P0: A variável força de membros inferiores não tem relação com o desempenho do *bandal chagi* de atletas de *Taekwondo*.

P1: A variável força de membros inferiores tem relação com o desempenho do *bandal chagi* de atletas de *Taekwondo*.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 O TAEKWONDO COMO ESPORTE DE COMBATE

O *Taekwondo* é uma arte marcial que surgiu na Coreia a cerca de dois mil anos atrás. Sua tradução literal significa caminho dos pés e das mãos. Ainda hoje o *Taekwondo* apresenta traços da cultura coreana em suas práticas, tais como seus princípios, vestimentas e formas de comportamento entre os praticantes durante as aulas e combates (Kim *et al.*, 2022). Essas características atribuem ao *Taekwondo* a condição de arte marcial moderna, definida por Paiva (2018) como “atividades de combate fortemente relacionadas ao regionalismo” que influenciadas por propriedades étnicas e culturais podem extrapolar o sentido da prática para além dos objetivos voltados ao bem-estar físico.

Ainda que reconhecido essencialmente como arte marcial, mesmo que por falta de apuração conceitual devido à volatilidade que assumem os contornos e objetivos de suas manifestações práticas, o *Taekwondo* tem sido capaz de disseminar a cultura coreana em nível global através de um fenômeno conhecido como onda coreana (Taskinem, 2019). Contudo, para esse trabalho, o *Taekwondo* será estudado na perspectiva de esporte de combate, que para Paiva (2018), “são formas esportivizadas de lutas, cujo objetivo principal é simular combates corpo a corpo. São regidas por entidades reguladoras e constituídas por campeonatos, com regras e classificações.”

Nessa perspectiva de prática, o *Taekwondo* apresenta uma estrutura de combate em que os atletas desempenham ações de alta intensidade precedidas de ações de baixa intensidade (Menescardi *et al.*, 2019) com ações rápidas de chutes e socos para pontuar no tronco ou na cabeça do oponente. Para Sant’ana *et al.* (2021) atletas dessa modalidade devem manter um alto nível de capacidade anaeróbica e desempenho neuromuscular durante as lutas para desempenhar tais ações. Para Kim *et al.* (2015) essas ações envolvem esforços de alta intensidade que induzem a movimentos de grande potência nos membros inferiores.

A utilização de membros inferiores para a realização de técnicas de ataque é predominante no *Taekwondo* quando comparado com as ações realizadas por membros superiores. Em um estudo sobre a detecção de padrões de movimentos técnicos e táticos que mais pontuam nos combates, Gutiérrez-Santiago *et al.* (2020) analisaram 35 combates de todos os atletas da categoria até 68 kg do Campeonato Mundial de *Taekwondo* de 2013. Os autores não encontraram padrões de movimento para a realização de técnicas de braço nem para ataque

nem para defesa. Os autores também relatam que o alcance dos chutes em relação aos socos bem como a evolução das técnicas de chute e dos regulamentos das competições podem explicar a escassez de utilização das técnicas de membros superiores. Para Pieter, Fife e O'sullivan (2012) a baixa qualidade de estratégias para bloqueios utilizando os membros superiores é a principal causa da ocorrência de lesões no *Taekwondo*.

Em consequência da predominância de utilização dos membros inferiores, pode-se perceber que a maioria das ações que geram pontuação no *Taekwondo* são proveniente de chutes. Estudos que monitoraram os modelos técnico-táticos em regulamentos mais tradicionais conseguiram perceber esse padrão (Kazemi; Perri; Soave, 2010). Com a evolução das regras de competição e a inclusão do protetor eletrônico, percebeu-se o incentivo para aumento das técnicas de ataque com membros superiores. Em um estudo sobre análise técnico-tática e tempo de movimento de atletas do sexo masculino categorizados por resultado competitivo, Antoniêto *et al.* (2022) analisaram cento e oitenta e oito ações em noventa e quatro *rounds* de trinta e duas lutas do *Grand Prix* de 2014 em Querétaro, México. Os autores encontraram diferenças significativas nas ações de soco para os perdedores. Contudo, as ações técnicas com membros inferiores ainda foram predominantes em todos os *rounds* mesmo com a alteração das regras de competição.

Em relação às regras, pode-se perceber que muitas mudanças ocorreram desde que o *Taekwondo* foi apresentado como esporte olímpico, nos jogos de Sidney no ano de 2000. Soligard *et al.* (2017) relataram que essas mudanças foram impulsionadas a partir das preocupações dos membros do Comitê Olímpico Internacional com a segurança dos atletas, visto que o *Taekwondo* foi o esporte com maior risco de exposição a lesões nos jogos olímpicos de Londres, segundo maior nos jogos olímpicos de Pequim e quarto lugar nos jogos olímpicos do Rio de Janeiro.

Essas mudanças também parecem ter sido realizadas para adequar o *Taekwondo* a uma linguagem mais adequada ao público não praticante da modalidade. Para Kruszewski *et al.* (2014) as alterações realizadas nos regulamentos de combate serviram para deixar o *Taekwondo* mais atrativo e simplificar as regras para maior compreensão geral. O mesmo autor relata em seu estudo sobre o efeito das mudanças das regras nos combates femininos das Olimpíadas de Pequim 2008 e Londres 2012 as principais diferenças dessas alterações. Entre elas, o tamanho da área de competição foi reduzido de 10x10 m² para 8x8 m², os protetores de tronco foram alterados de comuns para eletrônicos, resultando também em alteração na forma de registro dos pontos. Em 2008, os pontos eram interpretados pelos juízes e em 2012 os pontos passaram a ser registrados automaticamente pelo contato no protetor. O número de pontos concedidos por

ataques bem-sucedidos fora alterado de 2 para 3 pontos na cabeça, 2 para 4 pontos técnicas giratórias na cabeça, 1 para 2 pontos para técnicas giratórias no tronco e 1 ponto passou a ser concedido para ataques com soco na área do tronco. Em 2012 também foi incorporado um sistema de replay por vídeo para apoiar a decisões dos árbitros (Kruszewski *et al.*, 2014).

Em relação às regras atuais, pode-se perceber que as alterações proporcionaram mudanças no perfil dos combates, maior intensidade das ações durante a luta e maior fadiga pós exercício. Aumentos significativos em variáveis cinemáticas apontam que as novas regras tendem a ser mais exigentes (Janowski; Zieliński; Kusy, 2021). As novas mudanças incluem regras que penalizam ações de não combate, a presença de simulações de ataques, elevações de pernas desnecessárias, limita o número de faltas e modifica o sistema de pontuação (Janowski *et al.*, 2020). De acordo com a nova regulamentação para combates de *Taekwondo*, sistema de pontuação prevê 1 ponto para socos válidos no protetor de tronco, 2 pontos para chutes válidos no protetor de tronco, três pontos para chutes válidos na cabeça, 4 pontos para chutes com giro no protetor de tronco, cinco pontos para chutes com giro no protetor de cabeça e 1 ponto concedido a cada falta para o oponente competidor (*World Taekwondo Federation*, 2022).

As mudanças das regras de combate também influenciaram no aumento do número de ações ofensivas na altura da cabeça. Assim, as ações de ataque com membros inferiores também foram objeto de estudo para Jae-Ok e Voaklander (2016). Os autores pesquisaram sobre o efeito das mudanças das regras e a incidência de chutes na cabeça nas finais dos torneios mundiais de *Taekwondo* dos anos de 2011 e 2013. Foram analisados sessenta e quatro atletas em trinta e duas lutas das oito categorias de peso. Os autores encontraram incidência média de 2,1 vezes mais chutes na cabeça no evento de 2013 quando comparado ao evento de 2011. Comparado com a final do mundial de 1999, onde os chutes na cabeça eram computados como apenas um ponto, a incidência de chutes na final de 2013 foi três vezes maior (219 ataques em 1999 e 656 ataques em 2013). Esse aumento é justificado pelos autores pela mudança da regra de competição que a partir de então, atribuem mais pontos para chute na cabeça. Foi percebido ainda que quando comparado por sexo, a incidência de chutes na cabeça é maior entre mulheres. Tal fenômeno pode ser justificado pela maior flexibilidade entre esse público e a maior diferença técnica entre as competidoras (Jae-Ok; Voaklander, 2016).

Mesmo com a modificação das regras e o incentivo estimulado pelo número de pontos para chutes na altura da cabeça, as técnicas mais utilizadas para pontuar nos combates continuaram sendo as técnicas de chute circulares na altura do tronco. Essas técnicas incluem chutes como *bandal chagi* e *Dolyo chagi*, que são realizadas com grande precisão e velocidade. Em um estudo sobre a efetividade técnico-tática de ações realizadas nos jogos olímpicos de

Londres, 2012, Menescardi *et al.* (2020) encontraram que ações circulares foram as mais desempenhadas e as mais efetivas no torneio, perfazendo um total de 4,9% das ações para os homens e 5,3% das ações para as mulheres. Os autores ainda descreveram o maior direcionamento de técnicas de chutes para a altura do tronco em vez da cabeça, explicado pela complexidade que envolve chutar na altura da cabeça e o gasto energético mais elevado para essas ações. Assim, os chutes circulares perfazem no *Taekwondo* o maior percentual de técnicas para pontuar nos combates (Kassim, *et al.*, 2015). Para Gutiérrez-Santiago *et al.* (2020) o *bandal chagi* é a técnica mais usada para pontuar nos combates, seguido por *Dolyo chagi* e *Miro chagi*. No entanto dada a alta frequência de utilização, o *bandal chagi* é a técnica que mais falha em pontuar, seguido por *Miro Chagui*. Já o *Yeop chagi*, seguido por chutes de cobertura são as técnicas que possuem 100% de efetividade nas pontuações, porém são poucos utilizadas. Os autores também encontraram que os atletas frequentemente pontuam com a perna de trás da postura de combate através dos chutes circulares.

Ao considerar que as especificidades do regulamento atual exigem do atleta a necessidade de determinado grau de impacto para que os chutes realizados sejam convertidos em pontos, é razoável relacionar a frequência de pontuação com as técnicas de chute realizadas com a perna posterior, visto que essas técnicas podem ser mais oportunas para a conversão de pontos por serem desempenhadas com mais força quando comparadas com as técnicas desferidas com a perna anterior. Lee e Song (2019) observaram que o pico de força para chutes realizados com a perna em posições diferentes pode variar de maneira significativa, independente da utilização de pequenos saltos rítmicos. Ao analisar doze participantes faixas pretas 4º *dan* em *Taekwondo*, os autores encontraram que chutes realizados com a perna posterior atingiram os maiores valores de pico de força resultante quando comparados com o mesmo padrão de técnica de chute realizados com a perna anterior.

Ao se considerar as especificidades das regras de competição, pode-se entender que além das exigências de força para converter os chutes em pontos, as complexidades das técnicas também são consideradas. Assim, técnicas mais elaboradas podem elevar o critério de pontuação em um combate. Bashar e Osama (2018), analisaram os chutes mais aplicados durante o Campeonato Asiático de Taekwondo ocorrido no ano de 2018 no Vietnã. Os autores analisaram os combates das quartas de finais, semifinais e finais de todas as categorias de peso masculino e feminino. Um total de 111 combates foram analisados (55 masculinos e 56 femininos). Os autores encontraram que o ataque de chute com giro utilizando a perna posterior na altura do abdômen foi o chute mais utilizado, com maior índice entre os lutadores do sexo masculino e feminino (41,4% homens e 46,3% mulheres).

Não obstante, além da potência do chute atingir valores mais elevados quando a técnica é realizada com a perna posterior, chutes realizados com a perna anterior tendem a ser mais lentos. A velocidade do chute, próximo a valores de tempo de resposta que impossibilitam ações defensivas e até mesmo contra-ataques por parte do oponente é um recurso que pode ser determinante em um combate. Avramov e Grigorova (2022) estudaram quatorze atletas do sexo masculino com idade entre 15 e 22 anos ativos há mais de sete anos como o objetivo de verificar os valores individuais para o tempo de reação e o tempo de movimento em dois chutes específicos do *Taekwondo*. Os atletas desempenharam chutes na altura da cintura variando as técnicas com a perna anterior e posterior. Os autores encontraram valores de velocidade de 5.53 m/s e 5.51 m/s para perna posterior direita e esquerda, respectivamente enquanto a perna anterior direita atingiu velocidades de 4,64 m/s e a perna anterior esquerda 4,08 m/s.

Aqui é importante se atentar para o fato de que apesar da perna posterior atingir maiores velocidades, a perna anterior se encontra em posições mais próximas do alvo. Assim, o tempo para alcançar o alvo com a perna anterior é menor quando comparado ao tempo necessário para alcançar o alvo com a perna posterior (Avramov; Grigova, 2022). Dada a importância da utilização dos membros inferiores para ações que pontuam nos combates de *Taekwondo* e suas adaptações ao longo do tempo, devido às mudanças nas regras de competição e avanços tecnológicos nos equipamentos de proteção, a caracterização detalhada da técnica do *bandal chagi* será discutido no próximo capítulo.

4.2 CARACTERÍSTICAS DOS CHUTES DO TAEKWONDO

Conforme abordado no capítulo anterior, as técnicas de chute são responsáveis pela maioria das ações ofensivas e de contra-ataques que resultam em pontos em um combate. Dada a importância da utilização dos membros inferiores para essas ações, nesse capítulo será abordada a descrição técnica do chute *bandal chagi*. Para realizar a nomenclatura do chute foi utilizado o manual de terminologia das técnicas do *Taekwondo* (Kang, 2012).

É comum a existência de variações das nomenclaturas das técnicas do *Taekwondo* na língua portuguesa. Essas variações podem ser explicadas pelas modificações provenientes da forma de tradução do idioma de origem ou pelo idioma em que são publicados os estudos. Assim, é possível encontrar na literatura pesquisas, especialmente em língua inglesa, que definem o *bandal chagi* como “*Roundhouse Kick*” (Lee; Park, 2022; Huang *et al.*, 2022; Park; Jung, 2020) ou o agrupam na mesma categoria de técnica circular com o *Dolyo chagi*,

diferenciando-os apenas pela posição do ponto de impacto no momento da execução (Estevan; Falco, 2013;). Já Diniz *et al.* (2021) que considera a execução dessa técnica em diferentes esportes de combate, descreve suas características de acordo com as exigências competitivas dos esportes e seus regulamentos e cita que apesar dessas particularidades, do ponto de vista cinesiológico, a técnica é similar para o Karatê, *Muay Thai* e *Taekwondo*. Para fins de organização conceitual, de busca e seleção de estudos para compor essa pesquisa, o termo *Roundhouse Kick* será considerado apenas para a descrição técnica do *bandal chagi*.

Apesar de ser a técnica mais utilizada nos combates (Jung; Park, 2022), o *bandal chagi* se configura como uma técnica de perna entre diversas variações de chutes no *Taekwondo*. Essas variações podem atribuir contornos de maior efetividade de acordo com as situações e as oportunidades que surgem das relações entre os atletas (distância, postura, utilização de fintas, padrão de base, entre outros). Contudo, independente da técnica de perna utilizada, quando se observa a intencionalidade de atingir o adversário para marcar pontos, os chutes nos combates assumem características de movimento em alta intensidade (Albuquerque *et al.*, 2022).

Tal intensidade exige que os atletas se comportem com elevados níveis de desempenho em parâmetros biomecânicos bem definidos. Para Moreira, Goethel e Gonçalves (2016) as situações de combate demandam que os atletas reajam rapidamente aos estímulos dos adversários e respondam adequadamente a esse estímulo a partir da escolha de técnicas apropriadas. Para tanto, os referidos autores afirmam que os parâmetros biomecânicos mais desejáveis de aprimoramento são a velocidade, o tempo de reação e a magnitude do impacto. A partir do reconhecimento desses parâmetros, pode-se priorizar nas rotinas de treinamento quais serão as capacidades desenvolvidas que podem se relacionar e beneficiar diretamente tais competências. Nesse sentido, o desenvolvimento de um nível adequado de força muscular de membros inferiores pode privilegiar o desempenho das habilidades necessárias para o sucesso da aplicação das técnicas de chute do *Taekwondo*. Antonaccio e Santos (2024) analisaram nove atletas do sexo masculino (20.3 ± 5.2 anos; 1.77 ± 7.2 cm; 71.8 ± 15.3 kg) que competiram em nível estadual ou superior (73% em nível internacional; 9 em nível nacional, 18% nível estadual). O teste de salto com meio agachamento foi utilizado para avaliar a força muscular de membros inferiores enquanto o FSKT_{10s} avaliou a velocidade de frequência de repetição dos chutes. Os autores encontraram forte correlação entre força muscular máxima e o desempenho no FSKT_{10s}, indicando que atletas com níveis ótimos de desenvolvimento de força muscular podem potencializar a frequência de ataques aplicados em um curto intervalo de tempo.

Resultados similares foram encontrados por Albuquerque *et al.* (2022) quando avaliaram quarenta e dois atletas (29 homens, 13 mulheres; idade: 21.3 ± 4.1 anos; massa corporal: 67.0 ± 14.4 quilos; altura: 178.5 ± 11.7 centímetros; gordura corporal: $12.2 \pm 4.4\%$) com experiência em competições de níveis nacional e internacional. Para o teste de força de membros inferiores, os autores utilizaram o salto contramovimento em um tapete de contato. Os autores relataram um índice de correlação moderada entre o salto contramovimento e o desempenho no FSKT_{mult}, contudo, o resultado médio do salto contramovimento (três tentativas) foi capaz de prever o desempenho no teste de desempenho de chute, indicando que atletas com maiores níveis de potência anaeróbia e força muscular de membros inferiores tendem a obter melhor resultados nos testes.

Entende-se assim que a força de membros inferiores compõe o rol de capacidades físicas importantes a ser desenvolvida nas rotinas de treinamento e compõe uma característica essencial para as técnicas de perna no *Taekwondo*, visto que para obtenção dos pontos nas regras atuais, é necessário que o chute exerça poder de impacto no alvo (Antonaccio; Santos, 2024). Além da força, sabe-se que a velocidade é uma característica importante no desempenho das ações competitivas em combates de Taekwondo. Para Wasik e Góra (2016) a velocidade e precisão são fundamentais para alcançar a vitória em esportes de combate, pois o objetivo das disputas deixa explícito tais exigências e podem ser decisivas para o sucesso competitivo. Para os referidos autores, a necessidade de precisão do chute pode afetar os padrões de força e velocidade no desempenho das técnicas de perna. Wasik e Góra (2016) estudaram um atleta de alto rendimento (campeão polonês) em um experimento onde as técnicas de pernas foram realizadas em um aparador de chutes (maior alvo), em uma luva de foco (menor alvo) e uma série de chutes livres, realizados sem alvo definido. Os autores supracitados registraram que a maior velocidade de chute foi encontrada quando o atleta realizou o chute sem alvo a sua frente. O maior alvo provocou o maior impacto e a velocidade mais lenta de todas as séries. A velocidade do chute foi reduzida ao máximo quando o atleta necessitou de realizar a técnica de perna com precisão, assim, os autores concluíram que mirar em um pequeno alvo pode causar a maior diminuição da velocidade.

Percebe-se assim que fatores variados podem exercer influência nos padrões de movimento dos atletas durante os momentos intensos de busca por pontos nos combates de *Taekwondo*. Tal como a busca por alvos menores pode influenciar a velocidade, outros aspectos característicos do esporte podem ser decisivos para o êxito competitivo, visto que as técnicas de ataque devem ter velocidade para suplantar a defesa dos adversários bem como suas ações de evasão ou contra-ataques, assim como devem possuir força o suficiente para acionar os

mecanismos de pontuação ou mesmo incapacitar o adversário (Corcoran *et al.*, 2024). Assim, utilizar estratégias e técnicas que aumentem a velocidade do chute são essenciais para o sucesso na obtenção de pontos durante os combates. Kim e Kim (2014) investigaram doze atletas de elite do sexo masculino durante a execução do *bandal chagi*. A velocidade e o tempo de resposta foram mensurados a partir do registro em um sistema de captura de movimento onde os atletas reagiram o mais rápido possível realizando um chute com a perna posterior imediatamente ao perceber um estímulo visual externo. Os chutes foram realizados respectivamente com salto e sem salto. Os resultados indicaram que a realização de pequenos saltos antes do ataque não afeta o tempo de resposta, mas aumenta a velocidade do chute de maneira significativa.

Em corroboração com os dados anteriores, Lee e Song (2020) analisaram quinze atletas de *Taekwondo*. Todos os atletas possuíam mais de dez anos de experiência e quarto grau de faixa preta. Os autores dividiram o tempo de salto em batimentos por minuto (bpm) e avaliaram cinco diferentes propostas sendo de tempo em 100, 120, 140, 160 e 180 bpm. Os chutes foram divididos em quatro variações entre perna anterior com ataque na altura do tronco, perna posterior com ataque na altura do tronco, perna anterior com ataque na altura da cabeça e perna posterior com ataque na altura da cabeça. Os resultados demonstraram diferença significativa no efeito da interação entre o tempo dos pequenos saltos e o tipo de chute no tempo de resposta. O tempo de resposta do chute foi mais rápido em 160 bpm, mas não houve diferenças significativas com o chute a 140 bpm. O chute com a perna da frente na altura do tronco foi o mais rápido e o tempo de resposta para essa variação foi mais rápida a 140 bpm.

Nota-se que os dados dos dois estudos corroboram com a diminuição da velocidade do chute quando a técnica de perna é direcionada para alvos menores (apesar da diferença de altura), mas encontram diferenças entre a realização dos saltos e o tempo de resposta dos atletas. Assim, percebe-se que independente da técnica realizada, as características que compõem os recursos de habilidade dos atletas referente a tempo de reação, velocidade e magnitude de impacto são marcantes nos momentos em que se busca a pontuação. Desenvolver essas características pode ser fundamental para o sucesso competitivo, ainda que as relações entre essas características e as variáveis que as influenciam não estejam totalmente claras.

4.2.1 Características do *bandal chagi*

O *bandal chagi* é a técnica de perna mais versátil, mais utilizada (Sousa *et al.*, 2024) e mais efetiva em termos gerais para pontuar nos combates de *Taekwondo* (Jung; Park, 2018). Essa técnica é utilizada pelos atletas tanto para ataques diretos quanto para contra-ataques devido à sua velocidade de execução e imprevisibilidade. O grande potencial de adaptabilidade desse chute faz com que ele possa ser ajustado e utilizado em várias situações de combate (Jung; Park, 2022; Jung; Park, 2020).

A técnica pode ser descrita como uma ação que envolve vários planos de movimento e multiarticular que se delinea em uma sequência próximo-distal cujo as estruturas proximais ao centro do corpo se desenvolvem em ordem temporal de movimento articular, enquanto os segmentos distais se atrasam para posteriormente se acelerarem relativamente enquanto os segmentos proximais se desaceleram (Moreira *et al.*, 2021).

Outros autores ainda definem a técnica como uma sequência de ações que se inicia com um movimento para frente em direção a um oponente com rotação pélvica, seguido de abdução de quadril, flexão de quadril e flexão de joelho, terminando com extensão de joelho da perna do chute para golpear o oponente com o dorso do pé (Gavagan; Sayers, 2017; Wasik, 2010). Já para Goulart *et al.* (2016) o *bandal chagi* é um tipo de chute circular, definido como chute de arremesso com movimentos progressivos de flexão e extensão de joelho da perna do chute que começa no plano sagital e termina no plano transversal com o tornozelo em flexão plantar para tocar a lateral do corpo do adversário com o dorso do pé. Já a descrição do chute para Falco *et al.* (2009) considera o *bandal chagi* como uma técnica de habilidade multiplanar que começa com a perna de chute viajando em arco em direção à frente do corpo do executante com o joelho flexionado. A articulação do joelho é estendida em um movimento rápido e a região do metatarso atinge o oponente, o que caracteriza o final do ataque.

Cabe ressaltar que a descrição técnica do chute pouco se modificou independente do período das publicações, e suas especificidades para intenção de pontuar nos combates de *Taekwondo* se baseiam nas exigências de precisão e potência da musculatura dos membros inferiores (Kazemi; Perri; Soave, 2010). Para Goulart *et al.* (2016) a velocidade e a força de impacto desse chute nos combates de *Taekwondo* faz com que os adversários tenham menos chance de reagir, o que pode ocasionar um ambiente adequado para a obtenção de pontos.

Já na descrição técnica do *bandal chagi*, no estudo de Wasik *et al.* (2023) os autores abordam o comportamento da perna de apoio. Os autores descrevem a técnica de ataque como um chute de movimento circular executado em uma postura lateral. É interessante notar que o

estudo ainda categoriza o chute em uma divisão entre perna de apoio e perna de chute. Os autores descrevem que ao levantar a perna de chute, a perna de apoio realiza rotação, enquanto na perna de chute ocorre a flexão do joelho e da articulação do quadril simultaneamente com a rotação do tronco em direção ao alvo com o lado correspondente do corpo. O movimento do chute finaliza com a extensão do joelho para o pé tocar no alvo.

Ao considerar as características dos chutes a partir de uma abordagem cinesiológica, é possível identificar padrões de movimentos que são consistentes no desenvolvimento das técnicas de pernas. A partir dessas características resilientes nas técnicas, é possível encontrar na literatura classificações que agrupam as várias técnicas de chute do *Taekwondo*.

Para Kim, Kim e Im (2011), as técnicas de chute podem ser divididas em dois grupos cinemáticos: chutes com estilo de arremesso e chutes com estilo de empurrar. Os chutes com estilo de empurrar seguem uma sequência de movimento síncrono, onde ambas as articulações do quadril e do joelho se estendem quase que simultaneamente para ocasionar maior potência de impacto ao atingir o adversário com a região plantar ou o calcanhar. Já os chutes com estilo de arremesso envolvem um padrão sequencial de flexão de quadril seguido por uma rápida extensão de joelho. Esses padrões de movimento têm como objetivo atingir o adversário com a região dorsal do pé.

Para os referidos autores, essas técnicas atendem a um padrão essencial de movimento próximo distal que se inicia no quadril e progride sequencialmente para a porção distal. O incremento da velocidade em cada segmento culmina com a transferência da força para as extremidades inferiores e gera alto impacto na colisão (Kim; Kim; Im, 2011).

Considerando a classificação dos chutes, pode-se perceber que o *bandal chagi* se encontra no grupo das técnicas de arremesso, seguindo um padrão de desenvolvimento de velocidade no sentido próximo distal. Essas técnicas apresentam alto nível de complexidade e demandam grandes capacidades de coordenação motora de múltiplos segmentos corporais. Assim, a utilização da magnitude do impacto desse grupo de técnicas pode ser um preditor de sucesso competitivo, pois Estevan *et al.* (2011) analisaram 27 participantes do sexo masculino (13 medalhistas e 14 não medalhistas; idade: 26.56 ± 2.23 anos; massa 72.04 ± 12.67 kg; altura 1.77 ± 0.86 m) que executaram o chute em três distâncias diferentes de acordo com o nível competitivo. Os autores encontraram que os atletas medalhistas executaram o *bandal chagi* com maior força de impacto e em um tempo menor de execução quando comparados com os atletas não medalhistas em qualquer distância estipulada.

4.3 FASES DO *BANDAL CHAGI*

Como abordado no capítulo anterior, o *bandal chagi* é uma técnica versátil que se adapta a diferentes situações de luta. É o chute mais utilizado para ataques e contra-ataques e o chute que mais converte pontos nos combates. Devido a sua grande utilização e eficiência, o *bandal chagi* também é o chute mais estudado do *Taekwondo*. (Corcoran et al., 2024). No intuito de estabelecer relações entre os perfis dos atletas, características de combate, análises técnico-táticas e o desempenho do *bandal chagi*, os pesquisadores analisam essa técnica de diferentes perspectivas (Rexhepi et al., 2018; Branco et al., 2019; Ibrahim, 2022; Ibanez et al., 2018).

Entre essas perspectivas, os estudos em biomecânica acerca dessa técnica são abundantes na literatura. Esses estudos consideram a divisão do chute em fases e eventos para analisar, entre outras variáveis, velocidade (Moreira et al., 2021; Jung; Park, 2022; Wasik et al., 2021) e impacto (Jovanovic et al., 2020; Wasik; Gora, 2016; Górski; Orysiak, 2019) do chute em aspectos situacionais. Para tanto, se torna comum que esses estudos considerem a divisão da técnica de diferentes maneiras de acordo com os aspectos metodológicos. Assim os autores compartimentalizam o chute em fases e eventos variados.

A partir da definição dos objetivos de uma investigação, dividir o chute em mais ou menos fases pode fazer sentido. Porém é necessário se atentar ainda para o número de eventos que descrevem o início e fim de cada fase. Para Miziara et al. (2019) a técnica de perna é dividida em duas fases: fase de preparação e fase do chute. A fase de preparação se caracteriza pela aceleração do movimento e se inicia com o impulso e retirada do pé do solo. O joelho é elevado até a altura do quadril e alcança a máxima rotação, ocasionando também a máxima velocidade do pé. Já a fase do chute se caracteriza pela desaceleração do movimento. É quando o quadril tem a expressão máxima da rotação, o joelho é estendido e o pé toca o alvo. O movimento se encerra quando o pé atinge a máxima altura e menor velocidade.

No estudo anterior, os autores descrevem as características dos eventos que marcam as fases do chute como uma adaptação de um modelo prévio, onde Quinzi et al. (2012) utilizam as mesmas fases, porém com eventos diferentes. Assim na fase de preparação os eventos são caracterizados pela elevação da perna do chute até uma posição em que a coxa esteja quase totalmente horizontal e o joelho em seu grau de flexão máxima. Os autores ainda descrevem que nessa fase, ambas flexões de joelho e quadril acontecem. Os eventos da fase do chute são caracterizados pela rotação interna do quadril, abdução da perna do chute seguido por uma súbita extensão do quadril e joelho.

Apesar da técnica de chute ser dividida em apenas duas fases para Liu *et al.* (2021) os eventos que marcam essas fases apresentam características que não se alinham totalmente com as descrições dos estudos anteriores. Os autores consideram a fase de preparação com o início do movimento até o momento em que o metatarso deixa de tocar o solo. A fase do chute inicia com a ausência de contato do metatarso com o solo e vai até o ângulo máximo de flexão do joelho para então acontecer a extensão da articulação do joelho para que o pé atinja o alvo.

Nos estudos de Moreira, Goethel e Gonçalves (2016), Moreira e Paula (2017), Moreira *et al.* (2018) e Moreira, Falco e Menegaldo (2021) o *bandal chagi* também é dividido em duas fases, mas seus eventos se baseiam em diferentes mensurações. O início da fase de preparação foi considerado quando o momento da resultante da força de reação ao solo começou a se elevar em pelo menos 2,5% da diferença entre o pico da força de reação ao solo e o seu valor inicial. O final da fase de preparação e o início da fase do chute são marcados pelo momento quando a resultante da força de reação ao solo retorna para zero. O final da fase do chute acontece quando o pé toca o alvo. Já Kim, Kim e Im (2011) consideraram o tempo de chute como o período de ausência de contato do pé com o chão até o contato com o alvo. O período de ausência de contato com o chão foi definido quando o componente vertical do marcador do pé do chute excedeu os valores médios mais três desvios padrões da altura vertical do marcador do pé durante o período de preparação. A fase de chute foi determinada pelo contato com o alvo, ou seja, quando o marcador do alvo começou a se movimentar.

Ainda seguindo a divisão da técnica do chute em duas fases para determinar o efeito da posição de luta no desempenho do chute, Estevan, Jandacka e Falco (2013) consideram a primeira fase marcada pelo momento em que a força de reação ao solo da perna do chute acresce de 1% do peso corporal do atleta e a segunda fase pelo instante em que o primeiro movimento do alvo foi detectado.

Já Huang *et al.* (2022) definiram a análise do chute em duas fases para verificar as demandas cinéticas e cinemáticas para o desempenho aprimorado do *bandal chagi*. A primeira fase, assim como nos estudos anteriores, é compreendida do momento em que o pé deixa de tocar o chão até a máxima flexão da articulação do joelho. A segunda fase engloba o início da extensão da articulação do joelho até o contato com o protetor eletrônico de tronco.

Com o objetivo de reunir informações cinemáticas durante a análise das diferenças na perna de apoio e a ativação eletromiográfica no *bandal chagi* realizado em alturas variadas, Chang *et al.* (2021) dividiu o chute em duas fases. Nesse ensaio os autores classificam as fases do chute com maior amplitude de movimento e consideram os movimentos de retorno da perna do chute ao solo. Assim, na primeira fase, denominada ataque do chute, os autores consideraram

o período de ausência de contato do pé da perna de chute com o solo até o momento em que o pé acerta o alvo. A fase de retorno foi considerada do momento em que o alvo foi atacado até o momento em que o pé da perna de chute retorna para o chão.

Ao comparar atletas de elite e não elite para analisar a coordenação entre articulações ao executar o *bandal chagi* em alvos em movimento, Straiotto *et al.* (2021) dividiram o chute em três fases. A primeira fase denominada de retirada do pé é marcada pelo valor mínimo do componente anteroposterior da trajetória do segmento do pé. A segunda fase ocorre quando os atletas atingem a flexão máxima da articulação do joelho. A fase de impacto é marcada pelo pico de aceleração resultante do alvo. Kim *et al.* (2010) dividem o *bandal chagi* em três fases. Os autores nomearam as fases do chute na seguinte sequência: 1) impulsão; 2) lançamento; 3) ataque. A fase de impulsão foi marcada pelo início do giro do tronco até perda de contato do primeiro metatarso com o solo. A fase de lançamento compreende da ausência de contato com o solo até a máxima flexão do joelho. A fase de ataque corresponde à máxima flexão de joelho até a o impacto no alvo. Apesar do número de fases diferentes, pode-se perceber que existem semelhanças entre os eventos que definem cada fase do chute.

Nesse sentido, apesar de dividir o chute em mais fases, no estudo de Gavagan e Sayers (2017) também é possível perceber semelhança nos momentos que marcam cada evento. Ao analisar a técnica do chute em praticantes experientes de diferentes artes marciais, os autores classificam a técnica em quatro fases. A fase de preparação é definida com o abaixamento do primeiro metatarso do pé de apoio até a elevação do primeiro metatarso da perna do chute. A fase de câmara começa no final da fase de preparação e vai até o início da extensão do joelho da perna do chute. A fase de extensão prossegue da extensão do joelho até o momento de contato com o alvo. A fase de recolhimento inicia imediatamente depois do contato com o alvo se encerra com o início do abaixamento do calcanhar.

Apesar de dividir a técnica de chute em quatro fases, pode-se perceber que Thibordee e Prasartwuth (2014) não analisam a fase de retorno ao solo, terminando as considerações da divisão do chute na fase de impacto. Para detectar as diferenças entre chutes de alto (1490.83 ± 274.45 N) e baixo impacto (975.60 ± 189.93 N) os autores segmentaram o *bandal chagi* e o marcaram em cinco eventos. A fase de levantamento foi definida pelo período de mínima dorsiflexão do tornozelo até o ângulo máximo de flexão plantar. A fase de preparação começou com a máxima flexão plantar e terminou com o maior ângulo de flexão do joelho. A fase pré-impacto terminou com o menor ângulo de flexão plantar. Por fim a fase de impacto começou e terminou no maior ângulo de flexão plantar. Seguindo a mesma estrutura de análise em quatro fases e ainda não considerando o retorno da perna do chute ao solo, ao avaliar as contribuições

dos segmentos corporais na velocidade do pé durante a execução do *bandal chagi*, Jung e Park 2022 dividem o chute em quatro fases, sendo elas, preparação, chute, flexão mínima do joelho e impacto. A fase de preparação é descrita como o período em que o atleta cessa os pequenos saltos e se prepara para realizar o chute. A fase de chute é definida pelo momento em que o pé da perna do chute deixa o chão. A flexão mínima do joelho é marcada pelo momento em que a perna de chute apresenta a flexão mínima dessa articulação. A fase de impacto é marcada pelo momento em que o alvo começa a se mexer. Os autores usam as mesmas fases para avaliar os efeitos de ações defensivas no desempenho cinemático do *bandal chagi* (JUNG; PARK, 2018).

Já no estudo de Wasik e Shan (2015) para mensurar os aspectos cinemáticos do *bandal chagi* em atletas bem treinados, os autores dividem o chute em mais fases. As quatro fases dos chutes nesse estudo são posição inicial, decolagem do pé, ascensão do pé e frenagem. Os autores ainda acrescentam características posturais, incluindo ainda, referências de membros superiores às fases. Na fase inicial os autores descrevem a postura de luta com a defesa do antebraço em posição de L, com o pé esquerdo a frente. Ambos os pés ficam ligeiramente apontados para dentro e o calcanhar da perna anterior deve estar alinhado com os metatarsos da perna posterior. Ambos os joelhos ficam ligeiramente flexionados. Na fase de decolagem, os atletas transferem o peso da perna posterior para a perna anterior e giram o tronco e os braços na direção oposta a direção que pretendem se movimentar. Então tiram o pé da perna posterior enquanto transferem o peso para a perna anterior. Nesse momento os braços ajudam a desenvolver a rotação do corpo e o balanço do braço posterior empurra a parte posterior do tronco e o pé da perna do chute para a decolagem. Na fase de ascensão do pé a força da decolagem do pé facilita o movimento de subida do pé. Nessa fase acontece a máxima flexão do joelho e os movimentos posteriores acontecem devido aos músculos da perna assumirem o protagonismo do movimento. Na fase de frenagem, a perna do chute estende a articulação do joelho e os braços se movem na direção oposta para evitar que o corpo do atleta realize um giro completo.

Já para comparar as diferenças cinemáticas entre as versões tradicionais e esportivas do *bandal chagi* executados por mestres em *Taekwondo*, Wasik *et al.* (2022) utilizam as mesmas fases do estudo anterior. Embora os autores tenham registrado diferenças nos movimentos das fases entre as duas formas de execução do chute, as fases de decolagem e elevação do pé bem como a fase de extensão da articulação do joelho permaneceram inalteradas.

Cabe ressaltar que as diferenças nas definições dos eventos podem prejudicar os critérios de comparações entre os estudos, pois fases diferentes marcadas por eventos diferentes podem gerar análises de tempo em arcos maiores ou menores de movimento, comprometendo

assim a análise de tempo de movimento, força, taxa de desenvolvimento de força e velocidade das técnicas de chute. Para isso, será considerado nesse estudo apenas os eventos que possuem semelhança entre as descrições cinesiológicas para fins de comparação entre variáveis.

4.4 ESTUDOS BIOMECÂNICOS SOBRE OS CHUTES NO *TAEKWONDO*

Considerando a complexidade técnica dos chutes do *Taekwondo* e a diversidade de variações que essas técnicas podem assumir em diferentes situações, percebe-se que o desempenho dos chutes durante os combates pode depender de adaptações morfológicas dos atletas (Falco *et al.*, 2009). Tais situações exigem adaptações como utilização de membro inferior não dominante, ajustes de distância do alvo, realização do chute com a perna traseira ou dianteira. Esses ajustes podem ser decisivos em um combate pois podem influenciar na potência e velocidade dos chutes (Estevan *et al.*, 2011) bem como fatores neuromusculares dos atletas (Quinzi *et al.*, 2012).

A variação da distância no tempo de reação, tempo de execução e força de impacto dos chutes pode ser uma variável a ser considerada durante o combate. Para tanto, Falco *et al.* (2013) estudaram 49 atletas de *Taekwondo* divididos por sexo e nível de experiência. Os autores encontraram resultados significantes para força de impacto maior em curtas distâncias (17.6 ± 7.5 N/kg) e em atletas experientes (19.3 ± 6.7 N/kg). O tempo de reação foi maior em longas distâncias (602 ± 121 m/s) e o tempo de execução dos chutes foi menor em curtas distâncias (261 ± 69 m/s) bem como nos atletas do sexo masculino (249 ± 73 m/s).

Além dos fatores neuromusculares, os fatores biomecânicos também podem influenciar no desempenho dos chutes do *Taekwondo*. Devido à natureza angular do *bandal chagi*, Falco *et al.* (2009), propõem que técnicas de monitoramento cinemático devam ser empregadas para uma compreensão aprofundada do chute. Esse nível de compreensão engloba a análise de variáveis complexas como a velocidade do chute.

Em um estudo para analisar os parâmetros biomecânicos do *bandal chagi*, Miziara *et al.* (2019) analisaram 8 atletas de nível internacional do sexo masculino com idade entre 17 e 19 anos. Os autores encontraram correlações fortes e negativas entre o ângulo de flexão de joelho com a velocidade e altura do chute. Na fase do chute a flexão do joelho apresenta correlação forte e negativa com a flexão do quadril e a velocidade do chute. A flexão do joelho também apresenta correlação forte e positiva com a altura do chute. Já a flexão do quadril apresenta correlação forte e negativa com a velocidade do chute. Em corroboração com os

dados do estudo anterior, Jung e Park (2022) estudaram 10 atletas do sexo masculino com média de 8 anos de prática no esporte. Os autores encontraram diferenças significantes na velocidade resultantes do movimento de todo corpo ($p=0.000$), no movimento do tronco ($p=0.001$) e na rotação do tronco ($p=0.003$) na fase de flexão mínima do joelho. Já na fase de impacto o movimento de corpo todo ($p=0.000$), o movimento do tronco ($p=0.000$) e o movimento de rotação da perna ($p=0.011$) foram significantes para o aumento da velocidade no chute.

Pode-se notar que a velocidade dos segmentos corporais durante a execução do chute, mesmo aqueles que não estejam envolvidos diretamente nas regiões de impacto ou adjacências, podem influenciar no seu desempenho. Assim, Huang et al. 2022 encontraram que os atletas podem obter maior poder de impacto no chute quando a velocidade dos segmentos proximais é incrementada, mesmo quando a velocidade do pé continua a mesma. Assim, a velocidade dos segmentos proximais (perna e canela) antes e após o impacto pode ser considerada como um preditor de desempenho competitivo (Huang *et al.*, 2022). A partir desse estudo, pode-se compreender a necessidade de segmentar e estudar os chutes sob diferentes perspectivas, pois o resultado é substancial em uma sequência de eventos que considera a divisão do chute em segmentos proximais e distais.

Ao considerar a velocidade do chute como um fator decisivo para obter pontos em um combate, Jia *et al.* (2024) correlacionaram entre as características biomecânicas do *bandal chagi* com a efetividade da pontuação em um protetor eletrônico. Os autores selecionaram doze atletas do sexo masculino do time de competição da Universidade Esportiva de Wuhan (idade: 18.00 ± 2.20 anos; altura 182.15 ± 8.62 centímetros; peso: 70.00 ± 14.82 quilos). Entre as variáveis chave, os autores encontraram que o pico de velocidade angular de pronação do tornozelo e o pico de velocidade linear horizontal do pé são contribuições relevantes para obter a ativação do protetor eletrônico.

Além da velocidade, o impacto do chute tem sido utilizado como um parâmetro de desempenho (Falco *et al.*, 2009; Estevan *et al.*, 2011). Em um estudo para detectar as diferenças de impacto no chute Thibordee e Prasartwuth (2014), investigaram 16 atletas do sexo masculino com experiência em competições de nível nacional. O estudo mostra que atletas que desempenham chutes com alto poder de impacto tendem a manter a flexão plantar nas fases pré-impacto e de impacto em um menor ângulo (cerca de 35°). Percebe-se que a partir desse resultado, o impacto da técnica de chute no protetor eletrônico não depende apenas da potência proveniente da musculatura dos membros inferiores, mas também da angulação das articulações de quadril e tornozelo afim de produzirem a inclinação ideal para potencializar o contato entre as superfícies do protetor de tronco e o protetor de pé.

Ao investigar a distância de execução do chute e sua relação com a força de impacto, Falco et al. (2009) analisaram trinta e um atletas de *Taekwondo* com idade variando entre dezesseis e trinta e um anos (21.57 ± 4.75). Os autores dividiram os atletas em dois grupos de acordo com a experiência, onde o grupo um foi composto por quinze atletas experientes e o grupo dois por dezesseis atletas iniciantes. Os participantes praticaram Taekwondo por no mínimo quatro anos. Os resultados demonstraram que ambos os grupos conseguiram realizar o chute com maior força de impacto nas distâncias menores, porém apenas o grupo de competidores conseguiu diferenças significantes nessas distâncias.

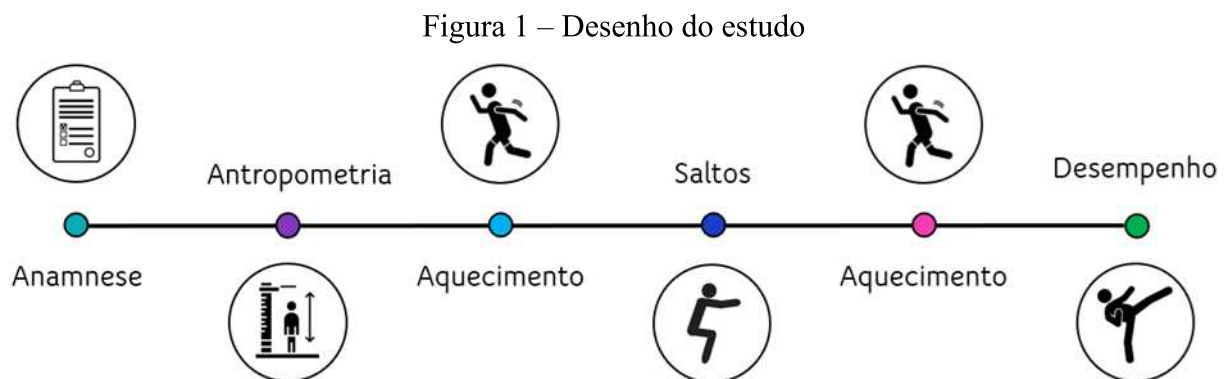
Em relação a dominância das pernas, Gorski e Orysiak (2019) analisaram seis atletas de elite (idade: 20.0 ± 3.2 anos; altura 185.0 ± 8.5 cm; peso: 75.3 ± 10.9 kg) em indicadores que se relacionaram com o impacto das técnicas de chute. Os atletas realizaram cinco ataques em cada situação (perna anterior, perna posterior, perna dominante e não dominante) na distância que lhe foi mais confortável e saltos rítmicos não foram permitidos. Conforme esperado, os autores encontraram diferenças significantes entre membro dominante (2733 ± 748 N) e não dominante (2206 ± 778 N). Foi encontrado ainda que as técnicas realizadas com a perna posterior tendem a gerar mais poder de impacto. Assim, os autores recomendam que os atletas devem lutar usando uma postura de combate em que a perna dominante se posicione a maiores distâncias do alvo.

Nota-se que a distância entre o percurso da técnica de perna e o alvo a ser atingido é um fator a ser considerado para o sucesso na obtenção do ponto nos combates de Taekwondo, pois a distância ideal para a execução do chute pode potencializar o nível de força no momento do impacto. Além disso, percebe-se que a experiência dos atletas em determinar as melhores distâncias durante os combates nos momentos que precedem os chutes podem indicar a escolha de distâncias menores, pois distâncias mais curtas podem gerar maior impacto.

5 METODOLOGIA

5.1 ABORDAGEM EXPERIMENTAL

Este estudo se caracteriza como transversal e descritivo (Thomas; Silverman; Nelson, 2012) que analisou variáveis cinemáticas durante o desempenho das técnicas de chute do *Taekwondo*. Todos os participantes envolvidos no estudo possuem experiência de 11.9 ± 2.7 anos de prática com o *Taekwondo*. Os testes foram realizados durante as rotinas de treino e no período de competição dos atletas. Os horários dos testes foram definidos de acordo com a disponibilidade dos atletas e aplicados antes de iniciar as rotinas de treinamento, e conforme a figura 1, seguindo a ordem: 1) anamnese, 2) avaliações antropométricas, 3) aquecimento, 4) avaliação de força de membros inferiores, 5) aquecimento, 6) teste de desempenho de chute.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A avaliação do posicionamento das articulações foi realizada durante o teste de desempenho. Um intervalo de dez minutos foi estabelecido entre os testes de força de membros inferiores e os testes de desempenho de chute. Antes da aplicação dos testes de salto foi realizada uma rotina de aquecimento específica com 12 saltos verticais (3 para cada tipo de teste de salto). Antes dos testes de desempenho foi realizada a rotina de aquecimento de 15 minutos composta por corrida (5 minutos a 8km/h), e 10 chutes por técnica com pelo menos 2 chutes na intensidade máxima para familiarização com equipamento. Todas as avaliações foram realizadas em uma única visita ao laboratório de biomecânica do Centro de Alto Rendimento de Santiago do Chile. Todos os atletas que concordaram participar do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foram incluídos na pesquisa. O Comitê de Ética

da Universidade Federal de Juiz de Fora aprovou o estudo com o protocolo sob o número 71430923.4.0000.5546.

5.2 PARTICIPANTES

Atletas de elite de ambos os sexos participaram do estudo. Os critérios de inclusão foram: a) idade igual ou superior a 18 anos; b) treinamento competitivo contínuo em *Taekwondo* por no mínimo 5 anos; c) possuir graduação de 1º *dan* ou superior; d) possuir pelo menos um título de campeão em nível nacional. Os critérios de exclusão foram: a) possuir lesões que poderiam afetar no teste de desempenho de chute; b) erro de sinal nas capturas do teste; c) se retirar de alguma etapa do estudo. De 120 atletas, 56 atenderam os critérios de inclusão. Entre esses atletas, 28 (16 homens e 12 mulheres) concordaram em participar do estudo. Informações detalhadas sobre os critérios de inclusão podem ser verificadas no Apêndice A. As conquistas do grupo de participantes incluem 11 campeonatos nacionais, 8 medalhas sul-americanas e 8 medalhas panamericanas.

5.3 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

5.3.1 Anamnese

A anamnese foi realizada no primeiro contato com os atletas. As informações foram coletadas em formulário próprio (Apêndice B). O questionário continha perguntas sobre nome, sexo, RUT, data de nascimento, idade, classe de idade, categoria de peso, graduação, tempo de prática, lado dominante, resultado competitivo mais importante e resultado competitivo mais recente.

5.3.2 Variáveis Antropométricas

A massa corporal foi coletada usando uma balança digital (Detecto[®], 339, Estados Unidos da América) com precisão de 0,1 gramas e a altura foi coletada usando um estadiômetro (Sanny[®], São Paulo, Brasil) com precisão de 0,1 cm. As medidas de massa corporal e altura foram utilizadas para calcular o índice de massa corporal.

As dobras cutâneas foram aferidas com um plicômetro modelo Premier (Cescorf[®], Paraná, Brasil). Foram aferidas as dobras do tórax, axilar média, tríceps, subescapular, supra ilíaca, abdominal e coxa (Jackson; Pollock, 1978). Os detalhes dos procedimentos para pinçamento das dobras estão no Apêndice B. A densidade corporal foi calculada pela fórmula de Jackson e Pollock para homens (Jackson; Pollock, 1978) e mulheres (Jackson; Pollock, Ward, 1980). As dobras foram aferidas do lado direito do corpo dos participantes. Foram realizadas três mensurações por participante com o intervalo de um minuto entre elas. O valor definido para as dobras corporais foi o resultado da média das três mensurações. Os detalhes dos procedimentos para pinçamento das dobras estão no Apêndice C.

5.3.3 Teste de Força de Membros Inferiores

Para avaliação de força de membros inferiores foram utilizados dois testes de salto realizados em duas plataformas de força (Pasco[®] CI-6461, Pasco Scientific, Estados Unidos da América). As plataformas de 35cm x 35cm foram posicionadas lado a lado para a realização de todos os saltos. Ambas as plataformas monoaxiais, piezoelétricas (tipo: PS-2142, frequência: 50-1000Hz, alcance: 1000 a 4000N, resolução: 0,34N) coletaram os dados a uma frequência de 1000 Hz pois demonstraram boa confiabilidade nas variáveis força e tempo (Santos *et al.*, 2018). O *software* ForceDecks foi utilizado para calcular todas as variáveis dos saltos com contramovimento e com agachamento.

No salto contramovimento (CMJ), os participantes foram instruídos a ficar de pé com os joelhos estendidos e manter as mãos no quadril. Para a execução do salto, os participantes realizaram um rápido movimento descendente até realizarem uma flexão de aproximadamente noventa graus de joelho seguido por um rápido movimento vertical ascendente e saltaram o mais rápido e alto possível. Cada participante realizou três tentativas de salto com intervalo de 15 segundos de descanso entre cada salto (Slinde *et al.*, 2008). Os detalhes dos pontos de referência utilizados no salto com contramovimento estão presentes no Apêndice D. Os detalhes das fases e das métricas utilizadas no salto com contramovimento estão presentes nos Apêndices E e F, respectivamente. O resultado do teste foi calculado a partir da média dos valores provenientes das três tentativas. As variáveis observadas durante o teste do salto com contramovimento foram: rigidez, fase concêntrica, pico de força fase concêntrica/BM, TDF/BM frenagem excêntrica, TDF 100ms/BM frenagem excêntrica, TDF/BM desaceleração excêntrica, fase excêntrica, pico de força/BM fase excêntrica, tempo de voo, altura do salto, pico de potência/BM, rigidez membro (ND), Rigidez membro (D), Pico de força fase

concêntrica membro (ND), pico de força fase concêntrica membro (D), pico de força na decolagem membro (ND), e pico de força na decolagem membro (D). Os detalhes dos cálculos de cada variável do salto com contramovimento estão presentes no Apêndice G.

No salto com agachamento (SJ), os participantes foram instruídos a ficar na posição semissentada com as mãos apoiadas no quadril. Para a execução do salto, os participantes mantiveram essa posição por quatro segundos e depois saltaram o mais rápido e alto possível sem realizar o contramovimento. Os detalhes dos pontos de referência do salto com agachamento estão presentes no Apêndice H. As fases do salto com agachamento bem como suas métricas estão detalhadas nos Apêndices I e J, respectivamente. Cada participante realizou três tentativas de salto com intervalo de 15 segundos de descanso entre cada salto (Markovic *et al.*, 2004). O resultado do teste foi calculado a partir da média dos valores provenientes das três tentativas. As variáveis observadas durante o teste do salto com agachamento foram: potência média na fase concêntrica/BM, TDF/BM fase concêntrica, tempo de contração, tempo de voo, altura do salto (tempo de voo), pico de potência/BM, pico de aceleração na decolagem, pico de força na decolagem/BM, TDF fase concêntrica membro (ND), TDF fase concêntrica membro (D), TDF-100ms fase concêntrica membro (ND), TDF-100ms fase concêntrica membro (D), Força no pico de potência membro (ND), força no pico de potência membro (D). Os detalhes dos cálculos de cada variável do salto com agachamento estão presentes no Apêndice K.

5.3.4 Teste de Desempenho

Para análise dos chutes foi adotado o modelo cinemático proposto por Kim *et al.* (2010), que divide o chute em três fases: 1) impulsão: fase marcada pela ausência de contato dos dedos da do pé da perna do chute com o solo; 2) lançamento: fase marcada pela máxima flexão do joelho da perna do chute e 3) ataque: fase marcada pelo impacto do pé da perna do chute (Figura 2). Os detalhes das fases do chute estão descritos no Apêndice L.

Figura 2 – Análise cinemática do *bandal chagi*



Fonte: Miziara *et al.* (2019).

O teste de desempenho foi realizado com três ataques com a técnica de chute *bandal chagi*. Todos os ataques foram realizados em um dispositivo específico para a modalidade (aparador de chute). Os atletas realizaram o chute com a perna posterior de acordo com os dados divulgados no estudo de Gutiérrez-Santiago, Pereira-Rodríguez e Prieto-Lage (2020). Todos os atletas foram deixados à vontade para escolher a distância mais confortável entre a perna posterior e o aparador de chute (Figura 3). Foram realizados três chutes com a perna dominante com intervalo de quatorze segundos entre os chutes. Esses valores simulam os números médios de ataques e o tempo de recuperação até o próximo ataque em competições de nível internacional (Santos *et al.* 2014). Os atletas foram instruídos a realizar a técnica de perna a partir de dois sinais sonoros emitidos pelo avaliador: “preparar” e “chute”. As variáveis observadas durante o teste de desempenho de chute foram: tempo na 1ª fase do chute, tempo na 2ª fase do chute, tempo na 3ª fase do chute, tempo total do chute, velocidade linear do pé 1ª fase, velocidade linear do pé 2ª fase, velocidade linear do pé 3ª fase, velocidade linear total do pé, velocidade angular do joelho 1ª fase, velocidade angular do joelho 2ª fase, velocidade angular do joelho 3ª fase, velocidade angular total do joelho, velocidade angular do quadril 1ª fase, velocidade angular do quadril 2ª fase, velocidade angular do quadril 3ª fase, velocidade angular total do quadril, aceleração do pé 1ª fase, aceleração do pé 2ª fase, aceleração do pé 3ª fase, aceleração total do pé, aceleração do joelho 1ª fase, aceleração do joelho 2ª fase, aceleração do joelho 3ª fase, aceleração total do joelho, aceleração do quadril 1ª fase, aceleração do quadril 2ª fase, aceleração do quadril 3ª fase e aceleração total do quadril. Os detalhes dos cálculos de cada variável do chute no teste de desempenho estão presentes no Apêndice M.

Figura 3 – Teste de desempenho do *bandal chagi*



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.3.5 Avaliação Cinemática

A avaliação dos parâmetros biomecânicos foi realizada a partir da análise de vídeo com o sistema de captura que utiliza a técnica de vídeo fotogrametria com marcadores (Vicon[®] Motion Systems Ltda, Oxford, Reino Unido). Foram utilizadas dez câmeras que registraram a uma frequência de 200hz para capturar a técnica em movimento (Hamil; Knutzen, 2009). O sistema de captura foi calibrado de acordo com os padrões Vicon, ajustando os resíduos de calibração de dados na posição de 2mm (Merriaux *et al.*, 2017).

Os marcadores foram posicionados de acordo com o modelo biomecânico *plug-in gait* (Figuras 4, 5 e 6) nos pontos anatômicos da espinha ilíaca anterior superior esquerda e direita, espinha ilíaca posterior superior esquerda e direita, abaixo do terço da superfície lateral

Figura 4 – Pontos anatômicos do modelo *plug-in gait*: vista lateral



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

da coxa esquerda, acima do terço da superfície lateral da coxa direita, no eixo de flexão/extensão do joelho esquerdo e direito, abaixo do terço da superfície lateral da canela esquerda, acima do terço da superfície lateral da canela direita, no maléolo lateral ao longo da linha imaginária que passa o eixo trans maleolar nos maléolos esquerdo e direito, no calcâneo

Figura 5 – Pontos anatômicos do modelo *plug-in gait*: vista posterior



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

a mesma altura acima da superfície plantar do marcador do segundo metatarso esquerdo e direito e no segundo metatarso entre o ante pé e o meio pé dos lados esquerdo e direito. Um

marcador adicional foi inserido no aparador de chute para que o momento de contato fosse mensurado com precisão. Foram utilizados marcadores refletivos e deformáveis com um diâmetro de 14mm. Todos os dados foram analisados pelo *software* Nexus 1.8.5 (*Vicon*[®] *Motion Systems* Ltd., Oxford, Reino Unido), como exibido na figura 6. Para a mensuração no *software*, os marcadores necessitaram de ser capturados por no mínimo duas câmeras.

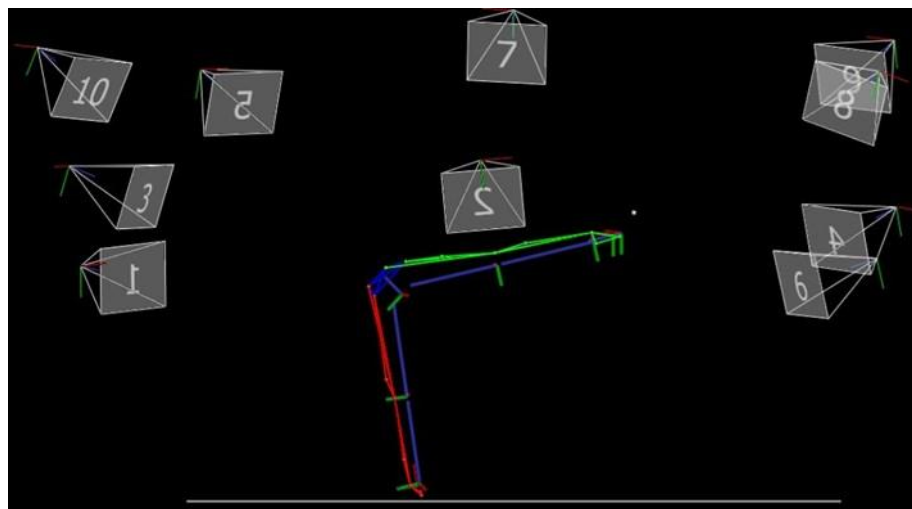
Figura 6 – Pontos anatômicos do modelo *plug-in gait*: vista anterior



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Após o posicionamento dos marcadores nos atletas e a realização do teste de desempenho, as imagens em três dimensões foram modeladas utilizando o software *Nexus* (Figura 7) a partir de um modelo estático dos membros inferiores por participante. Todos os vídeos dos chutes foram verificados e corrigidos em casos de marcadores ausentes. Todas as imagens foram modeladas utilizando o computador do laboratório de biomecânica do Centro de Alto Rendimento de Santiago.

Figura 7 – Modelo tridimensional no *software Nexus*



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Após a modelagem e reconstrução dos marcadores, todos os vídeos foram analisados para inserção dos pontos de referência que são característicos do início e final de cada fase dos chutes (figura 8).

Figura 8 – Fases dos chutes no *software Nexus*

Name	Files	Created	Modified	Description	Notes	Type	ForcePlate	Classification	Gender
Eluney Paillan		20/10/2022 13:22	11/11/2022 12:29						
Eluney Paillan Cal 01		20/10/2022 13:22	20/10/2022 13:32	Estatico		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 02		20/10/2022 13:23	08/11/2022 18:45	bandal post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 03		20/10/2022 13:23	08/11/2022 18:49	bandal post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 04		20/10/2022 13:23	26/10/2022 11:37	bandal post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 05		20/10/2022 13:23	08/11/2022 18:56	bandal post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 06		20/10/2022 13:23	10/11/2022 16:06	Yop post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 07		20/10/2022 13:23	10/11/2022 16:10	Yop post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 08		20/10/2022 13:24	10/11/2022 16:19	Yop post		Celso Test	Auto		
Eluney Paillan Cal 09		20/10/2022 13:24	26/10/2022 12:05	Yop post		Celso Test	Auto		

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

5.3.6 Análise dos Dados

Para análise dos dados cinemáticos em cada um dos testes foi necessário considerar a divisão dos movimentos em fase. A fase do movimento é compreendida pelo tempo que demarca seus eventos de início e fim. Assim, considerou-se a divisão do movimento em fases em todas as variáveis do teste de salto com contramovimento, salto com agachamento e no chute *bandal chagi* durante o teste de desempenho.

5.3.7 Tratamento Estatístico

Inicialmente, para verificar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para comparações entre homens e mulheres e o grupo total, empregou-se o teste de One-way ANOVA. Para avaliar a força de membros inferiores e a associação entre os saltos e os desempenhos nos chutes, utilizou-se a correlação de Pearson. Esse teste avaliou as associações potenciais entre as variáveis do CMJ e SJ com as medidas cinemáticas. Para determinar o poder preditivo dos saltos, utilizou-se a regressão linear por *stepwise*. Todas as análises foram realizadas utilizando o software *Statistical Package for Social Science* (SPSS, versão 25.0). O nível de significância de $p \leq 0,05$ foi definido para todos os testes.

6 RESULTADOS

Como parte das exigências para o processo de defesa do programa de pós-graduação *strictu-senso* da Universidade Federal de Juiz de fora, um artigo referente ao tema da tese foi publicado em uma revista Qualis A. O artigo com título “Pode o salto com contramovimento ou o salto com agachamento prever o desempenho cinemático do *bandal chagi* realizado com a perna posterior?” dos autores Destter Antoniêto, Ignácio Roa-Gamboa, Naiara Ribeiro, Ciro Brito, Cinthya Rezende, Otávio Nóbrega, Lúcio Marques, Bianca Miarka e Esteban Aedo-Muñoz foi publicado na revista Retos (Qualis A4) número 56, páginas 597 a 606, no ano de 2024, como apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Artigo publicado na revista Retos

2024, Retos, 56, 597-606

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>)

Can the Countermovement Jump or Squat Jump predict the kinematic performance of the rear *Bandal Chagi* kick?

¿Puede el salto con contramovimiento o el squat jump predecir el rendimiento cinemático de la patada trasera de Bandal Chagi?

*Destter Álacks Antonietto, **,*****Ignacio Roa Gamboa, , *Naiara Ribeiro, ***Ciro José Brito, *Cinthya Luiza Rezende Oliveira, ****Otávio de Toledo Nóbrega, *Lucio Marques Vieira-Souza, *****Bianca Miarka, ***Esteban Aedo-Muñoz
*Federal University of Juiz de Fora (Brazil), **Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (Chile), ***Universidad de Santiago de Chile (Chile), ****University of Brasilia (Brazil), *****Federal University of Rio de Janeiro (Brazil), *****Instituto Nacional de Deportes (Chile)

Abstract. This study aimed to measure the associative and predictive strength of biomechanical variables of the countermovement jump (CMJ) and squat jump (SJ), and performance of the *bandal-chagi* kick performed with the dominant (D) rear lower limb in elite Taekwondo Athletes. For this, a total of 27 international level athletes (15 males and 12 females) performed the CMJ and SJ on two force platforms. The *bandal-chagi* was monitored using a motion capture system (VICON). The main results indicated that non-dominant (ND) Stiffness for the CMJ showed predictive power alone ($p=0.048$) or in combination with eccentric braking rating of force development (RFD) ($p=0.031$) for total hip angular speed. Takeoff peak force/BM for the SJ predicted total time ($p=0.002$). Concentric RFD/BM predicted total linear foot acceleration, either alone ($p=0.001$) or with vertical speed at takeoff ($p=0.042$). The total hip angular acceleration predictor was takeoff peak force D alone ($p=0.019$) or in combination with peak power/BM ($p=0.041$). In conclusion, CMJ and SJ tests showed specific associations with TKD kick performance. These analyses in this study indicated that they are good predictors for TKD athletes, producing results consistent with the participants' levels.

Keywords: Martial arts, Biomechanical Phenomena, Time-motion studies, Kinanthropometry, Motion Capture.

Resumen. Este estudio tuvo como objetivo medir la fuerza asociativa y predictiva de las variables biomecánicas del salto con contramovimiento (CMJ) y el squat jump (SJ), y el rendimiento de la patada *bandal-chagi* realizada con el miembro inferior trasero dominante (D) en atletas de taekwondo de élite. Para esto, un total de 27 atletas de nivel internacional (15 hombres y 12 mujeres) realizaron el CMJ y SJ en dos plataformas de fuerza. El *bandal-chagi* fue monitoreado mediante un sistema de captura de movimiento (VICON). Los principales resultados indicaron que la rigidez no dominante (ND) para el CMJ mostró poder predictivo solo ($p=0,048$) o en combinación con la tasa de desarrollo de fuerza en el frenado excéntrico (RFD) ($p=0,031$) para la velocidad angular total de la cadera. En el SJ, la fuerza máxima de despegue/MC para el tiempo total previsto ($p=0,002$). RFD/MC concéntrica predijo la aceleración lineal total del pie, sola ($p=0,001$) o con velocidad vertical en el despegue ($p=0,042$). El predictor de aceleración angular total de la cadera fue la fuerza máxima de despegue D sola ($p=0,019$) o en combinación con la potencia máxima/MC ($p=0,041$). En conclusión, las pruebas CMJ y SJ mostraron asociaciones específicas con el rendimiento de la patada de TKD. Estos análisis en este estudio indicaron que son buenos predictores para los atletas de TKD, produciendo resultados consistentes con los niveles de los participantes.

Palabras clave: Artes marciales, Fenómenos Biomecánicos, Estudios de tiempo-movimiento, Cineantropometría, Captura de Movimiento.

Fecha recepción: 23-01-24. Fecha de aceptación: 19-04-24

Ciro José Brito

cirojbrito@gmail.com

Introduction

Taekwondo (TKD) is an Olympic combat sport (Santos et al., 2014). To win a bout, athletes strive to score points while avoiding counterattacks from their opponents (da Silva Santos, Loturco, & Franchini, 2018). It is consequently crucial that offensive actions, such as punches and kicks, are swift and accurate (da Silva Santos et al., 2018; Falco et al., 2009). Scoring criteria are according to competitive rules, and vary based on the applied technique and targeted body area (Santos et al., 2014). Athletes often opt for kicks since they generally score higher than punches (Kwok, 2012), with the *bandal-chagi* (roundhouse kick) being the most frequent choice (Ha, Choi, & Kim, 2009; Sousa, Puerto, Beltrán, Louro, & Godoy, 2024). Moreover, proficiency in executing this kick correlates with competitive success; medalist athletes use this kick more frequently, as noted by Kwok (2012).

Given that the technique is adaptable to an athlete's morphology (Falco et al., 2009), some studies (Gavagan &

Sayers, 2017; Ha et al., 2009) have delved into understanding how anthropometric and biomechanical variables can aid coaches in enhancing fighter performance (Ojeda-Aravena, Azócar-Gallardo, Hernández-Mosqueira, & Herrera-Valenzuela, 2020). Certain technical-tactical and biomechanical analysis studies (Estevan, Alvarez, Falco, Molina-García, & Castillo, 2011; Falco et al., 2009) have identified kick application speed as a determinant of competitive success in TKD. However, it is essential to understand that a comprehensive analysis of *bandal-chagi* performance necessitates kinematic monitoring due to the technique's angular nature (Falco et al., 2009). The advent of camera capture systems has ushered in an era of refined precision in assessing sports techniques (Windolf, Götzen, & Morlock, 2008). Accordingly, using such equipment has deepened our understanding of the biomechanical variables integral to this kick (Estevan, Jandacka, & Falco, 2013; Gavagan & Sayers, 2017; Kim, Kim, & Im, 2011). For instance, Kim et al. (2011) documented an angular velocity of 56.6g/s in hip flexion-extension movements, while the

A Tabela 1 mostra as medidas antropométricas dos participantes.

Tabela 1 – Características antropométricas dos participantes.

Variável	Masculino (n=16)	Feminino (n=12)	Total (N=28)
Idade (anos)	20.9±3.1	22.6±3.8	21.6±3.5
Experiencia (anos)	11.7±3.1	12.1±2.3	11.9±2.7
Massa Corporal (kg)	69.9±8.7 ^a	55.2±4.4	62.8±9.8
Gordura Corporal (%)	4.6±1.9 ^a	14.9±3.0	9.1±5.7
Altura (m)	1.8±0.1 ^a	1.6±0.1	1.7±0.1
Lado Dominante	11 D e 4 E	11 D e 1 E	22 D e 5 E

Nota: Dados apresentados por média ± e desvio padrão. D – membro inferior direito dominante. E – membro inferior esquerdo dominante. ^a $p \leq 0.026$ vs. feminino.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Não foram observadas diferenças significantes nas médias apresentadas nas tabelas para a idade ($F=0.823$; $p=0.445$; $\eta^2=0.019$) e experiência ($F=0.077$; $p=0.926$; $\eta^2=0.01$). Percebeu-se diferenças em outras variáveis entre as médias apresentadas entre homens e mulheres, contudo os valores médios para os homens não diferiram da média geral. As variáveis incluíram massa corporal ($F=8.436$; $p=0.001$; $\eta^2=0.45$), estatura ($F=10.601$; $p \leq 0.001$; $\eta^2=0.51$), e gordura corporal ($F=17.958$; $p \leq 0.001$; $\eta^2=0.064$). A Tabela 2 apresenta os resultados para o CMJ.

Tabela 2 – Resultado das variáveis por sexo no salto contramovimento

Variável	Masculino (n=16)	Feminino (n=12)	Total (N=28)
Rigidez [N/m]	5,136.0±1,461.0	4,782.1±839.6	4,978.7±1,216.4
Fase concêntrica [ms]	284.3±33.0	272.7±40.1	279.1±36.1
Pico de força fase concêntrica/BM [N/kg]	23.9±1.4	23.0±1.5	23.5±1.5
TDF/BM frenagem excêntrica [N/s/kg]	73.8±17.8	73.6±24.7	73.7±20.7
TDF 100ms/BM frenagem excêntrica [N/s/kg]	48.4±25.3	64.1±36.2	55.4±31.0
TDF/BM desaceleração excêntrica [N/s/Kg]	87.1±20.2	81.0±30.2	84.4±24.8
Fase excêntrica [ms]	457.1±50.2	439.0±80.8	449.1±64.8
Pico de força/BM fase excêntrica [N/kg]	23.6±1.8	22.3±2.3	23.0±2.1
Tempo de voo [ms]	492.9±47.5	506.3±39.9	498.9±44.0
Altura do salto [cm]	30.1±5.8	31.6±5.1	30.8±5.4
Pico de potência/BM [W/kg]	45.8±7.8	46.7±5.2	46.2±6.7
Rigidez membro (ND) [N/m]	2,589.9±756.7	2,387.6±394.0	2,500.0±620.0
Rigidez membro (D) [N/m]	2,564.5±712.2	2,425.7±462.4	2,502.8±607.1

Pico de força fase concêntrica membro (ND) [N]	797.5±156.9	721.9±134.6	763.9±149.6
Pico de força fase concêntrica membro (D) [N]	784.5±132.3	738.3±109.2	763.9±122.6
Pico de força na decolagem membro (ND) [N]	800.2±157.3	722.7±134.7	765.7±150.1
Pico de força na decolagem membro (D) [N]	791.7±133.2	740.3±109.5	768.8±123.7

Nota: Dados apresentado por média \pm e desvio padrão. TDF – taxa de desenvolvimento de força. BM – massa corporal. D – membro inferior dominante. ND – membro inferior não dominante.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Não houve diferenças significantes ($p>0.05$) entre os valores médios apresentados para homens, mulheres e a média geral dos participantes. A tabela 3 apresenta os resultados para o salto com agachamento.

Tabela 3 – Resultado das variáveis por atleta no salto com agachamento

Variável	Masculino (n=16)	Feminino (n=12)	Total (N=28)
Potência média fase concêntrica/BM [W/kg]	15.6±3.0	16.4±2.4	16.0±2.7
TDF/BM fase concêntrica [N/s/kg]	44.3±18.1	56.4±15.6	49.7±17.8
Tempo de contração [ms]	425.9±106.2	374.4±70.9	403.1±94.2
Tempo de voo [ms]	576.8±45.9	487.0±41.3	476.3±44.2
Altura do salto (tempo de voo) [cm]	27.1±5.3	29.2±5.1	28.0±5.2
Pico de potência/BM [W/kg]	45.3±5.6	47.8±6.4	46.4±6.0
Pico de aceleração na decolagem [m/s ²]	12.6±1.4 ^a	14.5±2.2	13.5±2.0
Pico de força na decolagem/BM (N/Kg)	22.4±1.4 ^a	24.3±2.2	23.3±2.0
TDF fase concêntrica membro (ND) [N/s]	1,444.0±516.7	1,785.8±542.1	1,595.9±545.9
TDF fase concêntrica membro (D) [N/s]	1,410.2±519.9	1,752.3±516.7	1,572.3±537.1
TDF-100ms fase concêntrica membro (ND) [N/s]	716.1±163.3	706.1±138.9	711.6±150.2
TDF-100ms fase concêntrica membro (D) [N/s]	679.5±142.8	704.1±117.2	690.4±130.2
Força no pico de potência membro (ND) [N]	761.0±182.9	772.0±150.8	765.9±166.3
Força no pico de potência membro (D) [N]	746.3±172.3	769.7±131.1	756.7±152.9

Nota: Dados apresentado por média \pm e desvio padrão. TDF – taxa de desenvolvimento de força. BM – massa corporal. D – membro inferior dominante. ND – membro inferior não dominante.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na comparação dos valores médios entre homens, mulheres e a média geral, diferenças significantes apresentadas na tabela 3 foram observadas para: pico de aceleração na decolagem ($F=3.192$; $p=0.049$; $\eta p^2=0.29$) e no pico de força da decolagem ($F=3.233$; $p=0.48$; $\eta p^2=0.32$). Houve diferenças significantes para essas variáveis entre homens e mulheres ($p=0.044$ para pico de aceleração na decolagem e $p=0.042$ para pico de força na decolagem). A Tabela 4 apresenta resultados da análise cinemática por atleta no desempenho do chute *bandal chagi*.

Tabela 4 – Análise cinemática dividida por fase e sexo do chute *bandal chagi*

Variável	Masculino (n=16)	Feminino (n=12)	Total (N=28)
Tempo 1ª fase (s)	0.118±0.036	0.143±0.031	0.129±0.036
Tempo 2ª fase (s)	0.13±0.019	0.134±0.013	0.132±0.016
Tempo 3ª fase (s)	0.096±0.01	0.096±0.01	0.096±0.01
Tempo total (s)	0.344±0.041	0.373±0.047	0.357±0.046
Velocidade linear do pé 1ª fase (m/s)	2.2±0.7	2.0±0.4	2.1±0.6
Velocidade linear do pé 2ª fase (m/s)	9.8±1.3	9.4±1.3	9.6±1.3
Velocidade linear do pé 3ª fase (m/s)	13.2±1.4	12.1±1.8	12.7±1.7
Velocidade linear total do pé (m/s)	25.3±2.5	23.5±2.8	24.5±2.7
Velocidade angular do joelho 1ª fase (g/s)	657.1±145.8	676.7±123.9	665.8±134.3
Velocidade angular do joelho 2ª fase (g/s)	937.0±278.3	261.3±169.4	903.4±235.2
Velocidade angular do joelho 3ª fase (g/s)	1,746.1±357.2	1,6686.6±230.3	1,719.6±303.4
Velocidade angular total do joelho (g/s)	3,340.2±650.6	3,224.5±338.5	3,288.8±529.0
Velocidade angular do quadril 1ª fase (g/s)	261.2±61.5	271.8±112.2	265.9±58.9
Velocidade angular do quadril 2ª fase (g/s)	476.2±96.4	440.6±89.7	460.4±93.4
Velocidade angular do quadril 3ª fase (g/s)	611.5±166.1	603.1±223.8	607.7±189.9
Velocidade angular total do quadril (g/s)	1,348.8±180.6	1,315.5±344.3	1,334.0±260.8
Aceleração do pé 1ª fase (m/s ²)	72.0±25.0	59.4±11.6	66.4±20.8
Aceleração do pé 2ª fase (m/s ²)	128.9±31.7	120.5±37.0	125.2±33.7
Aceleração do pé 3ª fase (m/s ²)	362.2±83.2	308.0±67.8	338.1±80.1
Aceleração total do pé (m/s ²)	563.1±114.2	488.0±87.0	529.7±108.0

Aceleração do joelho 1ª fase (m/s ²)	11,977.7±2,198.2	12,648.7±3,232.9	12,276.0±2,671.9
Aceleração do joelho 2ª fase (m/s ²)	21,780.3±10,146.5	17,845.4±5,097.8	20,031.4±8,390.5
Aceleração do joelho 3ª fase (m/s ²)	41,394.2±19,577.2	41,159.6±12,291.2	41,298.9±16,440.9
Aceleração total do joelho (m/s ²)	77,152.2±29,619.89	71,653.7±16,167.0	73,597.3±24,210.1
Aceleração do quadril 1ª fase (m/s ²)	6,940.1±1,431.0	8,463.4±3,498.4	7,617.1±2,622.1
Aceleração do quadril 2ª fase (m/s ²)	6,575.9±1,820.3	6,143.5±1,490.4	6,361.5±1,662.4
Aceleração do quadril 3ª fase (m/s ²)	24,579.8±16,164.4	25,930.1±10,477.7	25,180.0±13,690.5
Aceleração total do quadril (m/s ²)	38,055.8±17,240.2	40,537.1±13,184.1	39,1458.6±15,335.0

Nota: Dados apresentado por média ± e desvio padrão.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na Tabela 4, pode-se observar que não há diferenças significantes quando se compara homens, mulheres e a média geral ($p>0.05$).

As correlações entre as variáveis típicas do salto contramovimento e a análise cinemática do *bandal chagi* são apresentados na tabela 5. Para organizar melhor os resultados, apenas as correlações significantes são apresentadas.

A variável rigidez muscular demonstrou relação direta com a velocidade angular do quadril na segunda ($r=0.527$; $p=0.05$) e terceira fase do chute ($r=0.464$; $p=0.015$), bem como

Tabela 5 – Correlações significantes entre salto contramovimento e medidas cinemáticas do *bandal chagi*

CMJ/Cinemática	Tempo 3ª fase	Joelho Vel. angular total	Quadril Vel. angular 1ª fase	Quadril Vel. angular 2ª fase	Quadril Vel. angular 3ª fase	Quadril Vel. angular total	Pé Aceleração 1ª fase	Pé Aceleração 3ª fase	Pé Aceleração total	Joelho aceleração angular 1ª fase	Quadril aceleração angular 2ª fase	Quadril aceleração angular 3ª fase	Quadril aceleração angular total
Rigidez				r=0.527; p=0.005	r=0.464; p=0.015	r=0.485; p=0.01				r=-0.414; p=0.032	r=0.427; p=0.026	r=0.458; p=0.016	r=0.474; p=0.012
Fase concêntrica				r=-0.404; p=0.037									
TDF/BM desaceleração excêntrica			r=-0.42; p=0.029										
Duração fase excêntrica	r=0.418; p=0.03												
Pico de força/BM fase excêntrica			r=-0.432; p=0.024										
Pico de potência/BM		r=0.4; p=0.039									r=-0.434; p=0.024		r=-0.385; p=0.048
Rigidez (ND)				r=0.526; p=0.005	r=0.471; p=0.013	r=0.504; p=0.007					r=0.453; p=0.018	r=0.463; p=0.015	r=0.486; p=0.01
Rigidez (D)				r=0.537; p=0.004	r=0.451; p=0.018	r=0.474; p=0.013				r=-0.43; p=0.025	r=0.409; p=0.034	r=0.447; p=0.019	r=0.462; p=0.015
Pico de força fase concêntrica (ND)							r=0.388; p=0.045					r=0.441; p=0.021	r=0.395; p=0.042
Pico de força fase concêntrica (D)							r=0.423; p=0.028					r=0.456; p=0.017	r=0.397; p=0.04
TDF frenagem excêntrica (ND)										r=-0.458; p=0.016			
TDF frenagem excêntrica (D)										r=-0.415; p=0.031			
TDF-100ms Frenagem excêntrica (ND)								r=-0.496; p=0.008	r=-0.479; p=0.011				
Pico de força decolagem (ND)								r=0.407; p=0.035				r=0.449; p=0.019	r=0.403; p=0.037
Pico de força decolagem (D)								r=0.429; p=0.026				r=0.45; p=0.018	r=0.393; p=0.043

Nota: Vel. – velocidade. CMJ – salto contramovimento. TDF – taxa de desenvolvimento de força. BM – Massa corporal. D – Membro inferior dominante. ND – Membro inferior não dominante

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

na velocidade total ($r=0.485$; $p=0.01$). Para a aceleração angular, a rigidez muscular demonstrou relação inversa durante a primeira fase de aceleração do joelho ($r=-0.414$; $p=0.032$), e uma relação direta durante a segunda ($r=0.427$; $p=0.026$) e a terceira fase do chute ($r=0.458$; $p=0.016$). Correlações similares foram observadas para a aceleração na terceira fase ($r=0.458$; $p=0.016$) e para a aceleração total ($r=0.474$; $p=0.012$). A fase concêntrica do salto apresentou uma associação inversa com a velocidade angular do quadril durante a segunda fase do chute ($r=-0.404$; $p=0.037$).

A taxa de desenvolvimento de força durante a desaceleração excêntrica demonstrou relação inversa com a velocidade angular do quadril durante a primeira fase do chute ($r=-0.42$; $p=0.029$). A duração da fase excêntrica se correlacionou positivamente com o tempo total da terceira fase do chute ($r=0.418$; $p=0.003$). O pico de força na fase excêntrica apresentou relação inversa com a velocidade angular do quadril ($r=-0.432$; $p=0.024$). O pico de potência se correlacionou diretamente com o tempo de realização da terceira fase do chute ($r=0.4$; $p=0.039$) e de maneira inversa com a velocidade angular na segunda fase do chute ($r=-0.434$; $p=0.024$) e a velocidade total do joelho ($r=-0.385$; $p=0.048$).

Ao analisar separadamente a dominância de membros inferiores, percebeu-se que a rigidez muscular da perna não dominante se correlaciona com a velocidade angular do quadril na segunda fase ($r=0.526$; $p=0.005$), terceira fase ($r=0.471$; $p=0.013$) e na velocidade total do chute ($r=0.504$; $p=0.007$). Resultados similares foram encontrados para a aceleração angular do quadril na segunda fase ($r=0.453$; $p=0.018$), terceira fase ($r=0.463$; $p=0.015$) e para a aceleração total ($r=0.486$; $p=0.01$). Para membros inferiores dominantes, a rigidez muscular se correlacionou diretamente com a velocidade do quadril na segunda ($r=0.537$; $p=0.004$) e terceira fases ($r=0.451$; $p=0.018$) e velocidade total ($r=0.474$; $p=0.013$). Também foi encontrada correlação inversa com a aceleração do joelho durante a primeira fase do chute ($r=-0.43$; $p=0.025$).

O pico de força concêntrico da perna não dominante se correlacionou positivamente com a aceleração do pé durante a primeira fase ($r=0.388$; $p=0.045$), terceira fase ($r=0.441$; $p=0.021$) e aceleração total ($r=0.395$; $p=0.042$). A perna dominante apresentou correlação significativa com a aceleração do pé durante a primeira fase ($r=0.423$; $p=0.028$), terceira fase ($r=0.456$; $p=0.017$) e a aceleração total do quadril ($r=0.397$; $p=0.04$). A taxa de desenvolvimento de força durante a frenagem excêntrica se correlacionou negativamente com a primeira fase da velocidade angular do quadril para membros inferiores não dominantes ($r=-0.458$; $p=0.016$) e dominantes ($r=-0.415$; $p=0.031$).

A taxa de desenvolvimento de força relativa em 100ms da perna não dominante se correlacionou negativamente com a aceleração linear do pé durante a terceira fase ($r=-0.496$; $p=0.008$) e a fase total ($r=-0.479$; $p=0.011$). Correlações positivas para pico de força durante a o momento de decolagem foram observados com a aceleração linear do pé na primeira fase para as pernas não dominantes ($r=0.407$; $p=0.035$) e dominantes ($r=0.429$; $p=0.026$). O pico de força no momento da decolagem para ambas as pernas se correlaciona positivamente com a aceleração angular do quadril durante a terceira fase e a fase total.

A Tabela 6 apresenta as correlações entre o salto com agachamento e as variáveis cinéticas do *bandal chagi*. A potência média da fase concêntrica exibiu correlação inversa com a aceleração linear do pé na primeira ($r=-0.383$; $p=0.049$) e terceira fase ($r=-0.397$; $p=0.04$), aceleração total do pé ($r=-0.43$; $p=0.025$) e a terceira fase da aceleração angular do quadril ($r=-0.423$; $p=0.028$). O pico de velocidade na fase concêntrica demonstrou correlação positiva com o tempo durante a terceira fase ($r=0.385$; $p=0.047$). A taxa de desenvolvimento de força na fase concêntrica se correlacionou positivamente com o tempo da segunda fase ($r=0.659$; $p\leq 0.001$) e negativamente com a velocidade linear do pé na terceira fase ($r=-0.546$; $p=0.003$), velocidade linear total do pé ($r=-0.501$; $p=0.008$), terceira fase da aceleração linear do pé ($r=-0.66$; $p\leq 0.001$) e a aceleração total do pé ($r=-0.582$; $p=0.001$).

O tempo de contração se correlaciona positivamente com a aceleração linear do pé na terceira fase ($r=0.546$; $p=0.003$), aceleração total do pé ($r=0.484$; $p=0.011$) e aceleração do quadril na terceira fase ($r=0.381$; $p=0.05$). A altura do salto se correlaciona diretamente com a duração da terceira fase do chute ($r=0.385$; $p=0.048$). O pico de potência se correlaciona positivamente com a duração da terceira fase do chute ($r=0.44$; $p=0.022$) e negativamente com a velocidade angular do joelho na segunda fase ($r=-0.407$; $p=0.035$). O pico de aceleração na decolagem se correlaciona positivamente com o tempo de chute na primeira ($r=0.407$; $p=0.035$), segunda ($r=0.493$; $p=0.009$) e duração total do chute ($r=0.558$; $p=0.003$). O pico de aceleração na decolagem também, se correlacionam negativamente com a velocidade linear total do pé ($r=-0.387$; $p=0.046$), aceleração do pé na terceira fase ($r=-0.411$; $p=0.033$) e aceleração total ($r=-0.417$; $p=0.031$). O pico de força durante a decolagem se correlaciona positivamente com o tempo do chute na primeira ($r=0.406$; $p=0.035$), segunda fase ($r=0.494$; $p=0.009$) e a duração total ($r=0.558$; $p=0.002$). O pico de força na decolagem também se correlaciona negativamente com a velocidade linear total do pé ($r=-0.39$; $p=0.044$), aceleração do pé na terceira fase ($r=-0.411$; $p=0.033$), e aceleração total ($r=-0.418$; $p=0.03$). A velocidade vertical na decolagem apresentou correlação direta com a duração do chute na terceira fase ($r=0.4$; $p=0.039$).

Tabela 6 – Correlações significantes entre salto com agachamento e medidas cinemáticas do *bandal chagi*

SJ/Cinemática	Tempo 1ª fase	Tempo 2ª fase	Tempo 3ª fase	Tempo Total	Pé Vel. linear 3ª fase	Pé Vel. linear total	Joelho Vel. angular 2ª fase	Pé Aceleração linear 1ª fase	Pé Aceleração linear 3ª fase	Pé Aceleração linear total	Quadril Aceleração angular 3ª fase	Quadril Aceleração angular Total
Potência média concêntrica/BM								r=-0.383; p=0.049	r=-0.397; p=0.04	r=-0.43; p=0.025	r=-0.423; p=0.028	
Pico de vel. fase concêntrica			r=0.385; p=0.047									
TDF/BM fase concêntrica		r=0.659; p≤0.001			r=-0.546; p=0.003	r=-0.501; p=0.008			r=-0.66; p≤0.001	r=-0.582; p=0.001		
Tempo de contração									r=0.546; p=0.003	r=0.484; p=0.011	r=0.381; p=0.05	
Altura do salto			r=0.385; p=0.048									
Pico de potência			r=0.44; p=0.022				r=-0.407; p=0.035					
Pico de aceleração decolagem	r=0.407; p=0.035	r=0.493; p=0.009		r=0.558; p=0.003		r=-0.387; p=0.046			r=-0.411; p=0.033	r=-0.417; p=0.031		
Pico de força decolagem	r=0.406; p=0.035	r=0.494; p=0.009		r=0.558; p=0.002		r=-0.39; p=0.044			r=-0.411; p=0.033	r=-0.418; p=0.03		
Vel. vertical na decolagem			r=0.4; p=0.039									
TDF concêntrica (ND)		r=0.609; p=0.001			r=-0.556; p=0.003	r=-0.473; p=0.013			r=-0.659; p≤0.001	r=-0.558; p=0.002		
TDF concêntrica (D)		r=0.653; p≤0.001			r=-0.58; p=0.002	r=-0.526; p=0.005			r=-0.644; p≤0.001	r=-0.558; p=0.002		
Força no pico de potência (D)											r=0.432; p=0.024	
Pico de força na decolagem (ND)											r=0.424; p=0.027	
Pico de força na decolagem (D)											r=0.5; p=0.008	r=0.448; p=0.019

Nota: Vel. – velocidade. SJ – salto com agachamento. RFD – taxa de desenvolvimento de força. BM – Massa corporal. D – Membro inferior dominante. ND – Membro inferior não dominante.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Considerando a análise segmentada de membro inferior dominante e membro inferior não dominante, pode-se verificar que a taxa de desenvolvimento de força na fase concêntrica do membro inferior não dominante apresentou uma correlação positiva com o tempo na segunda fase do chute ($r=0.609$; $p=0.001$) e uma correlação negativa com a velocidade do chute na terceira fase ($r=-0.556$; $p=0.003$), velocidade total ($r=-0.473$; $p=0.013$), aceleração do pé na terceira fase ($r=-0.659$; $p\leq 0.001$) e aceleração total ($r=-0.558$; $p=0.002$). Resultados similares foram observados na taxa de desenvolvimento de força da fase concêntrica dos membros inferiores dominantes. A força no pico de potência do membro inferior dominante se correlaciona diretamente com a aceleração do quadril na terceira fase do chute ($r=0.432$; $p=0.024$). O pico de força na decolagem para membros inferiores dominantes e não dominantes apresentou correlação positiva com a aceleração do quadril na terceira fase do chute ($r=0.424$; $p=0.027$ para não dominante e $r=0.5$; $p=0.008$ para dominante). Apenas os membros inferiores dominantes apresentaram correlação na aceleração total ($r=0.448$; $p=0.019$).

A Tabela 7 apresenta a regressão linear para as variáveis biomecânicas do salto contramovimento e do salto com agachamento com o desempenho do chute *bandal chagi*.

Tabela 7 – Regressão linear dos saltos contramovimento e com agachamento

Model	NSC		SC	t	Sig.	95%CI esperado for B	
	B	Erro	Beta			Limite Superior	Limite inferior
Salto Contramovimento							
Velocidade Angular Total Joelho							
1	Constante	4701.898	684.721	6.867	≤ 0.001	3291.687	6112.108
	Pico de Potência/BM	-30.592	14.677	-0.385	0.048	-60.820	-0.363
Velocidade Angular Total do Quadril							
1	Constante	8040.046	186.929	4.301	≤ 0.001	419.059	1189.034
	Rigidez (ND)	0.214	0.073	0.504	0.007	0.063	0.364
2	Constante	1144.036	227.432	5.030	≤ 0.001	674.640	1613.431
	Rigidez (ND)	0.241	0.069	0.569	0.002	0.099	0.383
	TDF frenagem excêntrica (ND)	-0.174	0.076	-0.373	0.031	-0.330	-0.018
Aceleração Linear Total do Pé							
1	Constante	656.172	49.902	13.149	≤ 0.001	553.397	758.947
	TDF-100ms frenagem excêntrica (ND)	-0.069	0.025	-0.479	0.011	-0.121	-0.017
Aceleração Angular Total do Quadril							
1	Constante	9115.216	11124.986	0.819	0.420	-13797.122	32027.555
	Rigidez (ND)	12.108	4.356	0.486	0.010	3.136	21.080
Salto com Agachamento							
Tempo Total							
1	Constante	0.065	0.087	0.748	0.462	-0.114	0.244
	Pico de força decolagem/BM	0.013	0.004	0.558	0.002	0.005	0.020
Velocidade Linear Total do Pé							
1	Constante	28.518	1.375	20.745	≤ 0.001	25.687	31.350
	TDF fase concêntrica membro (D)	-0.003	0.001	-0.526	0.005	-0.004	-0.001
Aceleração Linear Total do Pé							
1	Constante	704.700	51.911	13.575	≤ 0.001	597.787	811.612
	TDF/BM fase concêntrica	-3.523	0.986	-0.582	0.001	-5.552	-1.493

	Constante	1160.653	218.141		5.321	≤0.001	710.432	1610.874
2	TDF/BM fase concêntrica	-4.331	0.996	-0.715	-4.350	≤0.001	-6.386	-2.276
	Velocidade vertical na decolagem	-178.901	83.446	-0.352	-2.144	0.042	-351.124	-6.677
Aceleração Angular Total do Quadril								
1	Constante	5407.495	13727.146		0.394	0.697	-22864.090	33679.081
	Pico de força na decolagem membro (D)	44.603	17.789	0.448	2.507	0.019	7.966	81.240
	Constante	42268.234	21347.500		1.980	0.059	-1790.842	86327.309
2	Pico de força na decolagem membro (D)	54.667	17.255	0.549	3.168	0.004	19.055	90.278
	Pico de potência/BM	-958.994	444.089	-0.374	-2.159	0.041	-1875.548	-42.440

Nota: NSC – coeficiente não padronizado; SC – coeficiente padronizado.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na regressão linear onde as variáveis do CMJ foram utilizadas para prever as medidas de desempenho do *bandal chagi*, o Pico de Potência foi encontrado como um preditor de velocidade angular total do joelho ($p=0.048$). A rigidez muscular do membro inferior não dominante demonstrou poder preditor ($p=0.007$) ou em conjunção com a taxa de desenvolvimento de força na frenagem do movimento excêntrico para a velocidade angular total do quadril ($p=0.031$). A aceleração linear total do pé foi preditiva pela taxa de desenvolvimento de força no movimento de frenagem excêntrica a 100 ms de membro inferior não dominante ($p=0.011$). Adicionalmente, a rigidez muscular de membro inferior não dominante serviu como um preditor para a aceleração angular total do quadril ($p=0.01$).

Em relação às medidas obtidas das variáveis do salto com agachamento, o pico de força durante a decolagem foi capaz de prever o tempo do chute ($p=0.002$). A taxa de desenvolvimento de força na fase concêntrica de membro dominante foi um preditor para velocidade linear total do pé ($p=0.005$). A taxa de desenvolvimento de força na fase concêntrica foi um preditor para aceleração linear total do pé ambas, independentemente ($p=0.001$) ou combinada com a velocidade vertical na decolagem ($p=0.042$). Finalmente, o pico de força da perna dominante durante a decolagem foi um preditor para aceleração angular total do quadril por si só ($p=0.019$) ou em combinação com o pico de potência ($p=0.041$).

7 DISCUSSÃO

Este estudo mensurou o poder associativo e preditivo das variáveis biomecânicas dos testes de salto contramovimento e salto com agachamento com as variáveis cinemáticas do *bandal chagi* desempenhado por atletas com a perna posterior dominante. Os resultados apontam para que ambos os saltos são capazes de prever o desempenho do *bandal chagi*, corroborando assim com as hipóteses descritas nesse estudo. A rigidez (especificamente do

membro inferior não dominante) foi a variável que demonstrou mais correlação e foi a principal variável preditora no salto contramovimento. A taxa de desenvolvimento de força/BM na fase concêntrica e o pico de força da perna dominante durante a decolagem foram as principais variáveis preditoras no salto com agachamento. O sistema de captura de movimento permite análises precisas das técnicas dos chutes desempenhados por atletas (Ha *et al.*, 2009), porém é um equipamento de alto custo que requer um laboratório específico (Fiorentino *et al.*, 2013). Além do mais, é interessante que existam indicadores indiretos que possam prever o desempenho técnico dos atletas. Os resultados apresentados nesse estudo podem ser utilizados por técnicos para avaliar atletas através de testes simples de saltos e a partir daí obter dados que possam ser preditivos do desempenho do chute.

O teste de salto contramovimento não é específico para esportes de combate, contudo, é um salto capaz de estimar o desempenho específico em atletas de Taekwondo (Chiodo *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2014). Nesse estudo a principal variável preditora do salto contramovimento foi a rigidez do membro inferior não dominante. A rigidez está associada com a habilidade de acumular energia elástica nos membros inferiores, a qual potencializa o desempenho nos saltos (Struzik; Zawadzki, 2013). Neste sentido, a energia transferida da perna anterior (não dominante) parece ser decisiva para o desempenho do *bandal chagi*, considerando que essa variável está diretamente associada com a velocidade do quadril durante a execução do chute. Estevan, Jandacka e Falco (2013) observaram que a eficiência do *bandal chagi* está com o pressionamento da perna de apoio contra o solo, em direção oposta do segmento proximal da perna anterior. Além do mais, estudos mostram que maior rigidez aumenta o desempenho da força e potência muscular (Papla; Ewertowska; Krzysztofik, 2023; Struzik; Zawadzki, 2013). De fato, velocidade, tempo de reação e potência do chute são valências físicas que determinam o sucesso no combate (Moreira *et al.*, 2016; Wasik *et al.*, 2021).

As principais variáveis preditoras para o salto com agachamento foi a taxa de desenvolvimento de força/BM na fase concêntrica e o pico de força na decolagem. A taxa de desenvolvimento de força é um importante indicador de potência de membros inferiores (MAFFIULETTI *et al.*, 2016), como constatados em estudos prévios que já mensuraram essa variável em atletas de Taekwondo (Kavvoura *et al.*, 2018; Moreira *et al.*, 2016; Moreira *et al.*, 2015). Na análise cinemática do *bandal chagi* realizada por Moreira *et al.* (2016), a taxa de desenvolvimento de força/BM (calculada durante a fase de preparação do chute) é capaz de distinguir níveis competitivos de atletas de elite e atletas de sub-elite, com a taxa de desenvolvimento de força sendo maior em atletas de elite. Contudo, os dados encontrados no presente estudo contradizem os achados anteriores, demonstrando que a taxa de

desenvolvimento de força/BM mensurada no salto com agachamento foi associada inversamente com a velocidade linear do pé durante o chute. Uma possível explicação para essas diferenças pode estar associada a massa dos membros inferiores. Ao analisar a massa dos membros inferiores de atletas de Taekwondo, Kavvoura *et al.* (2018), observou que a massa magra dos membros inferiores está diretamente associada à taxa de desenvolvimento de força. Outro ponto a se considerar é a diversidade dos métodos utilizados para mensurar a taxa de desenvolvimento de força, que pode gerar dúvida de interpretação dos resultados (Wasik *et al.*, 2021). Moreira *et al.* (2015), observou forte correlação entre a taxa de desenvolvimento de força obtida em um teste isométrico de *leg press* e o pico de velocidade do quadril durante a realização do *bandal chagi* ($r=0.89$).

O pico de força durante a decolagem expressa a força máxima aplicada quando o pé perde contato com a plataforma de força e constitui uma variável importante no teste de salto para determinar a eficiência da força e potência muscular (Amasay; Suprak, 2022). Os resultados encontrados nessa pesquisa demonstram que quanto maior a força de reação ao solo aplicada na plataforma, maior será a velocidade angular do quadril. Resultados similares foram observados por Moreira *et al.* (2015), que demonstrou que a força de reação ao solo durante o salto contramovimento possui forte associação ($r=0.9$) com o pico de força do quadril durante o *bandal chagi*. Um estudo prévio com análise isocinética demonstrou que a habilidade de produzir força com o quadril combinada com a velocidade angular do joelho são determinantes para a diferenciação dos níveis competitivos de atletas de *Taekwondo* (Moreira *et al.*, 2021).

Para o presente estudo optou-se por analisar apenas o *bandal chagi* com a perna posterior, devido a efetividade desse tipo de ataque (Gutiérrez-Santiago; Pereira-Rodríguez; Prieto-Lage, 2020). Quando se analisa os combates de *Taekwondo*, a frequência maior de ataques realizada com a perna anterior pode ser observada (Gutiérrez-Santiago; Pereira-Rodríguez; Prieto-Lage, 2020; Kwok, 2012) e a maior frequência de utilização da perna anterior foi observada depois da inserção dos protetores eletrônicos no esporte desde os Jogos Olímpicos de 2016 (Márques *et al.*, 2022). Contudo, a perna posterior é mais efetiva em gerar pontos (Casolino *et al.*, 2012; Gutiérrez-Santiago; Pereira-Rodríguez; Prieto-Lage, 2020). Nessa linha, um estudo de análise técnico-tática em atletas universitários realizado por Falco *et al.* (2014), observaram que vencedores desempenha menos ataques diretos, contudo realizam contra-ataques simultaneamente e subsequente aos ataques e contra-ataques antecipatórios, que são predominantemente realizados com a perna posterior. Esse fato reforça os achados nesse estudo sobre a importância da transferência de força da perna de apoio para a perna posterior quando se realiza o *bandal chagi* em um contra-ataque.

Embora a altura do salto seja considerada a medida mais efetiva do salto contramovimento e do salto com agachamento (Struzik; Zawadzki, 2013), os resultados encontrados nessa pesquisa demonstra que essas variáveis não possuem grande capacidade preditiva para o desempenho do chute. De fato, essa tem sido a principal variável ao se avaliar o desempenho de lutadores de Taekwondo nos testes de salto (Chiodo *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2018; Wasik *et al.*, 2023). Essa limitação possivelmente está associada ao equipamento utilizado, pois a maioria dos estudos utilizou tapetes de contato para mensurar o desempenho no salto contramovimento e no salto com agachamento (Bridge *et al.*, 2014; Ojeda-Aravena *et al.*, 2020). Portanto, baseado nos resultados desse estudo, recomenda-se a utilização de plataformas de força para obter medidas cinéticas e cinemáticas (McErlain-Naylor *et al.*, 2014), pois essas podem ter maior capacidade preditiva para o desempenho competitivo dos lutadores. Os resultados do presente estudo foram observados em atletas de elite, e então estudos futuros podem analisar se os mesmos preditores ocorrem em atletas em níveis mais elementares (Wasik *et al.*, 2023). Outra limitação do estudo foi a análise única entre homens e mulheres, contudo não foram observadas diferenças nas variáveis cinemáticas (Tabela 4); por isso seria interessante que estudos futuros explorasse essa análise separadamente.

8 CONCLUSÃO

Este estudo ressalta as associações significantes entre as variáveis biomecânicas dos testes de salto contramovimento e do salto com agachamento e o desempenho do chute *bandal chagi* no Taekwondo. Notavelmente para nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que analisa simultaneamente a influência de ambos os saltos no desempenho do *bandal chagi*. Através dos achados, identificamos preditores que podem oferecer informações importantes para praticantes e técnicos de Taekwondo. Esses indicadores confiáveis são consistentes com a condição de elite dos atletas que participaram do estudo. Do ponto de vista prático, o cerne da pesquisa se concentra na rigidez, particularmente do membro inferior não dominante no salto contramovimento e na taxa de desenvolvimento de força/BM no salto com agachamento como variáveis fundamentais para o aprimoramento do *bandal chagi*. Como alternativas a recursos financeiramente inviáveis como os testes de captura de movimento, os técnicos podem recorrer aos testes de saltos contramovimento e com agachamento para prever a habilidade técnica no *bandal chagi*. Além disso, é aconselhável adaptar exercícios que foquem especificamente na rigidez e no acúmulo de energia elástica nos membros inferiores, otimizando o desempenho no

bandal chagi. Este estudo também destaca a vantagem estratégica da utilização da perna posterior para o *bandal chagi*, dada a sua comprovada eficácia na pontuação. As plataformas de força se destacam como a escolha em relação aos tapetes para medições precisas de testes de salto. Estas informações não só ajudam a distinguir entre atletas de elite e sub elite para a identificação de talentos, mas também abrem caminho para estudos futuros que possam explorar potenciais variações específicas de sexo, embora nenhuma tenha sido observada no estudo atual. Finalmente, ao compreender a biomecânica do salto contramovimento e do salto com agachamento, existe uma oportunidade de elaborar regimes de treino que não só aprimorem o desempenho, mas também priorizem a segurança do atleta. Na sua totalidade, o nosso estudo serve como um guia abrangente para treinadores para que possam adaptar os treinos, a avaliação e as características estratégicas das decisões de competição do *Taekwondo*.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.; TAVARES, L.; LONGO, A.; CALDEIRA, P.; FRANCHINI, E. 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. doi: 10.1055/a-1546-9221.
- AMASAY, T.; SUPRAK, D. Predicting time to take-off in a countermovement jump for maximal quickness from upright and squat starting positions. **Journal of Human Kinetics**, v. 84, n° 1, p. 53-63, 2022.
- ANTONACCIO, R.; SANTOS, J. Relationship between maximum muscle strength and frequency speed of kick test for black belt taekwondo athletes. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 28, n° 1, 2024. doi: 10.1016/j.bjpt.2024.100798.
- ANTONIETTO, N.; TEIXEIRA, R.; ALEXIS, D.; ANTONIETTO, D.; AVAKIAN, P.; LUIZA, C.; REZENDE, C.; AEDO-MUÑOZ, E.; BRITO, C.; MIARKA, M. Effects of Outcomes in Technical-tactical and Tempo-motion Analysis of Male High-level *Taekwondo* Bouts. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 22, n° 6, p. 1516-1523, 2022. doi: 10.7752/jpes.2022.06191.
- AVRAMOV, D.; GRIGROVA, S. Investigation of the speed of the individual movement and the specific motor reaction in taekwondo. **Journal of Applied Sports Sciences**, 2022. doi: 10.37393/ICASS2022/22
- BASHAR, A; OSAMA, A. The most common taekwondo kicks using the eshield at the 23rd Asian *Taekwondo* championships, Vietnam 2018. **European Scientific Journal**, v. 14, n° 27, 2018. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27p346>
- BOYANMIS, A.; AKIN, M. Effectiveness of plyometric or blood flow restriction training on technical kick force in taekwondo. **Baltic Journal of Health and Physical Activity**, v. 14, n° 1, 2022. doi: 10.29359/BJHPA.14.1.05.
- BRANCO, M.; VENCESBRITO, A.; RODRIGUES-FERREIRA, M.; BRANCO, G.; POLAK, E.; CYNARSKI, W.; JACEK, W. Effect of aging on the lower limb kinematics in karate practitioners: comparing athletes and their *senseis*. **Journal of. Healthcare Engineering**, 2019.
- BRIDGE, C.; FERREIRA, J.; CHAABÈNE, H.; PIETER, W.; FRANCHINI, E. Physical and physiological profiles of *Taekwondo* athletes. *Sports Medicine*. v. 44, n° 6, p. 713-733, 2014. doi:10.1007/s40279-014-0159-9.
- BÜRGER-MENDONÇA, M. Changes in blood lactate concentrations during *Taekwondo* combat simulation. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n° 5, 2015. doi: 10.12965/jer.150218.

CASOLINO, E.; LUPO, C.; CORTIS, C.; CHIODO, S.; MINGANTI, C.; CAPRANICA, L.; TESSITORE, A. Technical and tactical analysis of youth Taekwondo performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 26, n° 6, p. 1489-1495, 2012.

CHANG, W.; LIN, K.; CHU, M.; CHOW, T. differences in pivot leg kinematics and electromyography activation in various round house kicking heights. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 20, n° 3, p. 457-465, 2021. doi: 10.52082/jssm.2021.457.

CHIODO, S.; TESSITORE, A.; LUPO, C.; AMMENDOLIA, A.; CORTIS, C.; CAPRANICA, L. Effects of official youth Taekwondo competitions on jump and strength performance. **European Journal of Sport Science**, v. 12, n° 2, p. 113-120, 2012.

CORCORAN, D.; CLIMSTEIN, M.; WHITTING, J.; DEL VECCHIO, L. Impact Force and Velocities for kicking strikes in combat sports: a literature review. **Sports**, v. 12, n° 74, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/sports12030074>.

DINIZ, R.; DEL VECCHIO, F.; SCHAUN, G.; OLIVEIRA, H.; PORTELLA, E.; SILVA, EDSON.; FORMALIONI, A.; CAMPELO, P.; PEYRÉ-TARTARUGA, L.; PINTO, S. Kinematic comparison of the roundhouse kick between *Taekwondo*, karate, and muaythai. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35 n° 1, - p. 198-204, 2021. doi: 10.1519/JSC.0000000000002657.

ESTEVEAN, I.; FALCO, C. Mechanical analysis of the roundhouse kick according to height and distance in *Taekwondo*. **Biology of Sport**, v. 30, n. 4, p. 275–279, 2013. doi: 10.5604/20831862.1077553.

ESTEVEAN, I.; JANDACKA, D.; FALCO, C. Effect of stance position on kick performance in Taekwondo. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n° 16, p. 1815–1822, 2013.

ESTEVEAN, I.; ALVAREZ, O.; FALCO, C.; MOLINA-GARCÍA, J.; CASTILLO, I. Impact force and time analysis influenced by execution distance in a roundhouse kick to the head in *Taekwondo*. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n° 10, p. 2851-2856, 2011. doi:10.1519/JSC.0b013e318207ef72.

FALCO, C.; ALVAREZ, A.; CASTILLO, I.; ESTEVAN, I.; MARTOS, J.; MUGARRA, F.; IRADI, A. Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n° 3, 2009. doi: 10.1016/j.jbiomech.2008.10.041.

FALCO, C.; ESTEVAN, I.; ALVAREZ, O.; MORALES-SÁNCHEZ, V.; HERNÁNDEZ-MENDO, A. Tactical analysis of the winners' and non-winners' performances in a *Taekwondo* university championship. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 9, n° 6, p. 1407–1416, 2014. doi: 10.1260/1747-9541.9.6.1407.

FALCO, C.; MOLINA-GARCÍA, J.; ALVAREZ, O.; ESTEVAN, I. Effects of target distance on select biomechanical parameters in taekwondo roundhouse kick. **Sports Biomechanics**, v. 12, p. 381–388, 2013.

FIorentino, M.; UVA, A.; FOGLIA, M.; BEVILACQUA, V. Asymmetry measurement for vibroactive correction in lower limbs mobility. **Computer Science and Information Systems**, v. 10, n° 3, p. 1387-1406, 2013.

GAVAGAN, C.; SAYERS, M. A biomechanical analysis of the roundhouse kicking technique of expert practitioners: a comparison between the martial arts disciplines of *Muay Thai*, *Karate*, and *Taekwondo*. **PLoS ONE**, v. 12, n° 8, 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0182645.

GHANDI, M. **Non-violence in peace and war**. Ahmedabad: Navajivan Publishing House, 1942.

GÓRSKI, M.; ORYSIAK, J. Differences between anthropometric indicators and the impact force of taekwondo kicks performed with the dominant and non-dominant limb. **Biomedical Human Kinetics**, v. 11, n° 1, p. 193–197, 2019. doi: 10.2478/bhk-2019-0027.

GOULART, K.; CORGOSINHO, R.; RODRIGUES, S.; DRUMMOND, M.; FLOR, C.; GONÇALVES, R.; SZMUCHROWSKI, L.; COUTO, B. Correlation between roundhouse kick and countermovement jump performance. **Archives of Budo**, v. 12, p. 125-131, 2016.

GUTIÉRREZ-SANTIAGO, A.; PEREIRA-RODRÍGUEZ, R.; PRIETO-LAGE, I. Detection of the technical and tactical motion of the scorable movements in taekwondo. **Physiology & behavior**, v. 217, 2020. doi: 112813.

HA, C.; CHOI, M.; KIM, B. The kinematical analysis of the Taekwondo sparring players' *bandal chagi* in kinematics. **International Journal of Applied Sports Sciences**, v. 21, n° 1, p. 115-131, 2009. doi:10.24985/KJSS.2008.19.3.22

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. **Bases Biomecânicas do Movimento Humano**, São Paulo: Manole, 2009.

HAUSEN, M.; SOARES, P.; ARAÚJO, M.; PORTO, F.; FRANCHINI, E.; BRIDGE, C.; GURGEL, J. Physiological responses and external validity of a new setting for *Taekwondo* combat simulation. **PLoS One**, v. 3 n° 2, 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0171553.

HUANG, T.; TANG, W.; LIU, T.; HAMILL, J.; HU, C. Kinematic and kinetic demands on better roundhouse kick performances. **Sports Biomechanics**, [s. l.], p. 1–15, 2022. DOI 10.1080/14763141.2022.2122862.

IBÁÑEZ, R.; LAPRESA, D.; ARANA, J.; CAMERINO, O.; ANGUERA, M. Observational analysis of the technical-tactical performance of elite karate contestants. **Cultura Ciencia y Deporte**, v. 13, p. 61–70, 2018.

IBRAHIM, T.; TAN, K.; MALEK, N.; JAHIZI, A.; MOHAMAD, N.; MALIK, Z.; NADZALAN, A. Effect of wearable resistance loading during warm-up protocol on front kick biomechanics in taekwondo. **Physical Education. Theory Methodology**, v. 22, p. 223–228, 2022.

JACKSON, A.; POLLOCK, M. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n° 3, p. 497-504, 1978.

JACKSON, A.; POLLOCK, M. Practical assessment of body composition. **The Physician and sport medicine**, v. 13, p. 256-262, 1985.

JACKSON, A.; POLLOCK, M.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 12, n° 3, p.175-181, 1980.

JAE-OK, K.; VOAKLANDER, D. Effects of competition rule changes on the incidence of head kicks and possible concussions in *Taekwondo*. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 26, n° 3 p. 239-44, 2016. doi: 10.1097/JSM.0000000000000244.

JANOWSKI, M.; ZIELIŃSKI, J.; KUSY, K. Exercise response to real combat in elite *Taekwondo* athletes before and after competition rule changes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n° 8, p. 2222-2229, 2021. doi: 10.1519/JSC.00000000000003110.

JANOWSKI, M.; ZIELIŃSKI, J.; CIEKOT-SOŁTYSIAK, M.; SCHNEIDER, A.; KUSY, K. The effect of sports rules amendments on exercise intensity during *Taekwondo*-specific workouts. **International Journal of Environtal Research and Public Health**, v. 17, n° 18, 2020. doi: 10.3390/ijerph17186779.

JIA, M.; LIU, L.; HUANG, R.; MA, Y.; LIN, S.; PENG, Q.; XIONG, J.; WANG, Z.; ZHENG, A. Correlation analysis between biomechanical characteristics of taekwondo double roundhouse kick and effective scoring of electronic body protector. **Frontiers in Physiology**, v. 14, 2024. doi: 10.3389/fphys.2023.1269345.

JOVANOVIC, D.; LACIC, O.; BILALIC, J.; HUREMOVIC, T.; GOLETIC, E.; HUREMOVIC, D. Kinematic parameters of Mae Geri-Kekomi impact in relation to general aerobic endurance of karatists. **Sport Science and Practice**, v. 17, p. 47–52, 2020.

JUNG, T.; PARK, H. Contributions of body segments to the toe velocity during *Taekwondo* roundhouse kick. **Applied Sciences**, v. 12, 2022. doi: 10.3390/app12157928.

JUNG, T.; PARK. the effects of back-step footworkon *Taekwondo* roundhouse kickfor the counterattack. **European Journal of Human Movement**, v. 44, p. 129-145, 2020. doi: 10.21134/eurjhm.2020.44.538.

JUNG, T.; PARK. The effects of defensive footwork on the kinematics of *Taekwondo* roundhouse kicks. **European Journal of Human Movement**, v. 40, p. 78-95, 2018. doi: 10.21134/eurjhm.2020.44.538.

KANG, W. **Taekwondo Technical Terminology**. Kukkiwon: World Taekwondo Headquarters, 2012.

KASSIM, S.; SUWARGANDA, E.; NOR, E. Successful tactics in *Taekwondo* during sukan malaysia 2012. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 10, n° 2, p. 723-730, 2015. Doi: 10.14198/jhse.2015.10.proc2.12.

- KAVVOURA, A.; ZARAS, N.; STASINAKI, A.; ARNAOUTIS, G.; METHENITIS, S.; TERZIS, G. 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, 2018.
- KAZEMI, M; DE CIANTIS, M; RAHMAN, A. A profile of the Youth Olympic *Taekwondo* Athlete. **Journal Canadian Chiropractic Association**, v. 57, n° 4, 2013. pmid: 24302776.
- KAZEMI, M.; PERRI, G.; SOAVE, D. A profile of 2008 Olympic Taekwondo competitors. **The Journal of the Canadian Chiropractic Association**, v. 54, n° 4, p. 243–249, 2010.
- KIM, J.; KWON, M.; YENUGA, S.; KWON, Y. The effects of target distance on pivot hip, trunk, pelvis, and kicking leg kinematics in *Taekwondo* roundhouse kicks. **Sports Biomechanics**, v. 9, n° 2, p. 98-114, 2010. doi: 10.1080/14763141003799459.
- KIM, H.; JUNG, H.; SONG, J.; CHAI, J.; LEE, E. A follow-up study on the physique, body composition, physical fitness, and isokinetic strength of female collegiate *Taekwondo* athletes. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n° 1, pag. 57-64, 2015. doi: 10.12965/jer.150186.
- KIM, J.; NAM, S. Physical Characteristics and Physical Fitness Profiles of Korean *Taekwondo* Athletes: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n° 18, 2021. doi: 10.3390/ijerph18189624.
- KIM, Y.; KIM, J.; LEE, J.; SEO, D.; JUNG H. Intergenerational *Taekwondo* program: a narrative review and practical intervention proposal. **International Journal of Environment Research and Public Health**, v. 19, n° 9, 2022. doi: 10.3390/ijerph19095247.
- KIM, Y. K.; KIM, Y.; IM, S. J. Inter-joint coordination in producing kicking velocity of Taekwondo kicks. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 10, n° 1, 2011.
- KIM, Y. K.; KIM, Y. Effects of rhythmic hop on response times and kicking velocities of taekwondo kicks. **Korean Journal of Sport Biomechanics**, v. 24, p. 367-373, 2014. doi: 10.5103/KJSB.2014.24.4.367.
- KRUSZEWSKI, A.; KUŹMICKI, S.; PODCHUL, A.; KRUSZEWSKI, M. Effect of changes in the sports regulations on the fight of *Taekwondo* female players on the example of Beijing Olympic Tournaments 2008 and London 2012. **Journal of Combat Sports and Martial Arts**, v. 5, p. 97-100, 2014. doi:10.5604/20815735.1141983.
- KWOK, H. Discrepancies in fighting strategies between Taekwondo medalists and non-medalists. **Journal of Human Sport and Exercise**, n. 7, v. 4, p. 806-814, 2012.
- LEE, J.; PARK, I. Effects of stepping-in-place tempo and type of roundhouse kick on coincidence-anticipation timing in *Taekwondo*. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 22, n° 2, p. 209–224, 2022. doi 10.1080/24748668.2022.2037984.
- LEE, J.; SONG, Y.H. The effects of stepping in place tempo and roundhouse kick types on response time in taekwondo. **Journal of the Korean Applied Science and Technology**, v. 37, n° 4, p. 870-877, 2020. doi: 10.12925/jkocs.2020.37.4.870.

- LEE, J.; SONG, Y.H. Comparative study of peak resultant force in taekwondo body dollyeochagi in accordance with jejariditgi existence and the position of kicking leg. **Korean Journal of Sport Science**, v. 30, n° 3, p. 601-609, 2019. doi: 10.24985/kjss.2019.30.3.601.
- LIU, T.; LIN, Y.; TANG, W.; HAMILL, J.; CHANG, J. Lower-limb kinematic characteristics of Taekwondo kicks at different attack angles. **International Journal of Performance Analysis Sport**, v. 21, p. 519–531, 2021.
- MAFFIULETTI, N.; AAGAARD, P.; BLAZEVIČH, A.; FOLLAND, J.; TILLIN, N.; DUCHATEAU, J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, n. 116, p. 1091-1116, 2016.
- MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n° 3, p. 551–555, 2004. doi: 10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2.
- MÁRQUEZ, J.; LÓPEZ-GULLÓN, J.; MENESCARDI, C.; FALCÓ, C. Comparison between the KPNP and Daedo protection scoring systems through a technical-tactical analysis of elite Taekwondo athletes. **Sustainability**, v. 14, n° 4, 2022.
- MCERLAIN-NAYLOR, S.; KING, M.; PAIN, M. Determinants of countermovement jump performance: a kinetic and kinematic analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n° 19, p. 1805-1812, 2014.
- MENESCARDI, C.; ESTEVAN, I.; ROS, C.; HERNÁNDEZ-MENDO, A.; FALCO, C. Bivariate analysis of *Taekwondo* actions: the effectiveness of techniques and tactics in an olympic *Taekwondo* championship. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 16, n° 1, p. 199-211, 2020. doi: 10.14198/jhse.2021.161.18.
- MENESCARDI, C.; FALCO, C.; ESTEVAN, I.; ROS, C.; MORALES-SÁNCHEZ, V.; HERNÁNDEZ-MENDO, A. Is it possible to predict an athlete's behavior? the use of polar coordinates to identify key patterns in *Taekwondo*. **Frontiers in Psychology**, v. 10, 2019. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01232.
- MERRIAUX, P.; DUPUIS, Y.; BOUTTEAU, R.; VASSEUR, P.; SAVATIER, X. A study of vicon system positioning performance. **Sensors**, v. 17, n° 1591, 2017. doi: <https://doi.org/10.3390/s17071591>.
- MIZIARA, I.; SILVA, B.; MARQUES, I.; SÁ, A.; OLIVEIRA, I.; PEREIRA, A.; NAVES, E. Analysis of the biomechanical parameters of high-performance of the roundhouse kicks in *Taekwondo* athletes. **Research on Biomedical Engineering**, v. 35, p. 193-201, 2019. doi: 10.1007/s42600-019-00022-1.
- MOREIRA, P.; FALCO, C.; MENEGALDO, L.; GOETHEL, M.; DE PAULA, L.; GONÇALVES, M. Are isokinetic leg torques and kick velocity reliable predictors of competitive level in *Taekwondo* athletes? **PLoS One**, v. 16, n° 6, 2021. doi: 10.1371/journal.pone.0235582.

MOREIRA, P.; GOETHEL, M.; GONÇALVES, M. Neuromuscular performance of *bandal Chagui*: Comparison of subelite and elite *Taekwondo* athletes. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 30, p. 55-65, 2016. doi: 10.1016/j.jelekin.2016.06.001. Epub 2016 Jun 3. PMID: 27299474.

MOREIRA, P.; PAULA, L.; VELOSO, A. Segmental kick velocity is correlated with kick specific and non-specific strength performance in a proximodistal sequence. **Archives of Budo**, v. 11, p. 271-276, 2015.

MOREIRA, P.; PAULA, L. Kinesiologic description of the round house kick: a brief review. **Journal of Athletic Enhancement**, v. 6, nº 1, 2017. doi: 10.4172/2324-9080.1000250.

MOREIRA, P.; FRANCHINI, E.; FERNANDES, U.; ERVILHA, M.; CARDOZO, A.; GONÇALVES, M. Relationships of the expertise level of taekwondo athletes with electromyographic, kinematic and ground reaction force performance indicators during the dollyo chagui kick. **Archives of Budo**, v. 14, p. 59–69, 2018.

NIKOLADIS P.; BUŠKO K.; CLEMENTE F.; TASIPOULOS I.; KNECHTLE B. Age- and sex-related differences in the anthropometry and neuromuscular fitness of competitive *Taekwondo* athletes. **Journal of Sports Medicine**, v. 7, p. 177-186, 2016. doi: 10.2147/OAJSM.S120344.

OJEDA-ARAVENA, A.; AZÓCAR-GALLARDO, J.; HÉRNANDEZ-MOSQUEIRA, C.; HERRERA-VALENZUELA, T.. Relación entre la prueba de agilidad específica en Taekwondo (tsat), la fuerza explosiva y la velocidad lineal en 5-m atletas de Taekwondo de ambos sexos. **Retos**, v. 39, p. 84-89, 2020. doi:10.47197/retos.v0i39.78395.

OUERGUI, I.; MESSAOUDI, H.; CHTOUROU, H.; WAGNER, M.; BOUASSIDA, A.; BOUHLEL, E.; FRANCHINI, E.; ENGEL, F. Repeated sprint training vs. repeated high-intensity technique training in adolescent *Taekwondo* athletes: a randomized controlled trial. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, nº 12, 2020. doi: 10.3390/ijerph17124506.

PAIVA, L. **Olhar clínico nas lutas, artes marciais e modalidades de combate: preparação física, história, antropologia, psicologia, nutrição, sociologia e medicina esportiva**, Dourados: OMP Editora, 2018.

PAPLA, M.; EWERTOWSKA, P.; KRZYSZTOFIK, M. Acute effects of complex conditioning activities on athletic performance and Achilles tendon stiffness in male basketball players. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 22, nº 2, 2023.

PARK, H.; JUNG, T. The effects of back-step footwork on *Taekwondo* roundhouse kick for the counterattack. **European Journal of Human Movement**, v. 44, 2020. doi: 10.21134/eurjhm.2020.44.538.

PIETER, W.; FIFE, G.; O’SULLIVAN, D. Competition injuries in *Taekwondo*: a literature review and suggestions for prevention and surveillance. *British Journal of Sports Medicine*, v. 46, p. 485-491, 2012. doi: 10.1136/bjsports-2012-091011.

- QUINZI, F.; CAMOMILLA, V.; FELICI, F.; MARIO, A.; SBRICCOLI, P. Differences in neuromuscular control between impact and no impact roundhouse kick in athletes of different skill levels. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n° 1, p. 140-150, 2012. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.09.006.
- REXHEPI, F.; VEHAPI, S.; PIREVA, F.; GASHI, B. Cinematic analysis of the kicking leg velocity and its position during performance of the Mawashi Geri technic on target. **IIOAB Journal**, v. 9, p. 1–5, 2018.
- SANT'ANA, J.; SAKUGAWA, R.; DIEFENTHAELER, F. The effect of a pace training session on internal load and neuromuscular parameters in *Taekwondo* athletes. **Frontiers of Physiology**, v. 3 n° 12, 2021. doi: 10.3389/fphys.2021.710627.
- SANTOS, J.; LOTURCO, I.; FRANCHINI, E. Relationship between frequency speed of kick test performance, optimal load, and anthropometric variables in black-belt *Taekwondo* athletes. **Ido Movement for Culture**, v. 18, n° 1, p. 39-44, 2018. doi: 10.14589/ido.18.1.6.
- SANTOS, V.; PIRES, F.; BERTUZZI, R.; FRANCHINI, E.; DA SILVA-CAVALCANTE, M.; KISS, M.; LIMA-SILVA, A. Relationship between attack and pause in world *Taekwondo* championship contests: effects of gender and weight category. **Muscles Ligaments Tendons Journal**, v. 4, n° 2, p. 127-31, 2014. PMID: 25332922.
- SANTOS, J.; HERRERA-VALENZUELA, T.; FRANCHINI, E. Establishing frequency speed of kick test classificatory tables in male and female *Taekwondo* athletes. **Kinesiology**, v. 51, n° 2, p. 213-218, 2019. doi: 10.26582/k.51.2.12.
- SLINDE, F.; SUBER, C.; SUBER, L.; EDWEN, C.; SVANTESSON, U. Test–retest reliability of three different Countermovement jumping tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n° 2, p. 640-644, 2008. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660475.
- SOLIGARD, T.; STEFFEN, K.; PALMER, D.; ALONSO, J.; BAHR, R.; LOPES, A.; DVORAK, J.; GRANT, M.; MEEUWISSE, W.; MOUNTJOY, M.; COSTA, L.; SALMINA, N.; BUDGETT, R.; ENGBRETSSEN, L. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: a prospective study of 11274 athletes from 207 countries. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, p. 265-1271, 2017. doi: 10.1136/bjsports-2017-097956.
- SOUSA, J.; GAMONALES, J.; BELTRAN, V.; LOURO, H.; IBÁÑES, S. Effective techniques analysis in taekwondo: a systematic review. **Retos**, v. 53 p. 78-90, 2024. doi: 10.47197/retos.v53.102399.
- STRAIOTTO, B.; COOK, D.; JAMES, D.; SEELEY, P. Inter-joint coordination in kicking a moving target: a comparison between elite and nonelite taekwondo players. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 37, p. 513–521, 2021.
- STRUZIK, A.; ZAWADZKI, J. Leg stiffness during phases of countermovement and take-off in vertical jump. **Acta of Bioengineering and Biomechanics**, v. 15, n° 2, p. 113-118, 2013.

SUCHOMEL, T.; NIMPHIUS, S.; STONE, M. The importance of muscular strength in athletic performance. **Sports Medicine**, v. 46, n° 10, p. 1419–1449, 2016. doi: 10.1007/s40279-016-0486-0.

TASKINEM, M. Taekwondo in Finland: an ethnographical approach to Korean culture in Finnish taekwondo community. Dissertação (Area and Cultural Studies), Faculty of Humanities, University of Helsinki, 2019.

THIBORDEE, S.; PRASARTWUTH, O. Effectiveness of roundhouse kick in elite Taekwondo athletes. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 24, p. 353–358, 2014.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERMAN, S. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física**, Porto Alegre: Artmed, 2012.

WASIK, J.; MOSLER, D.; ORTENBURGER, D.; GÓRA, T.; PODSTAWSKI, R. Differences in velocities of crucial body segments while executing roundhouse kicks for both sides. **Journal of Human Kinetic**, v. 86, p. 86–97, 2023. doi: 10.5114/jhk/159451

WASIK, J.; GÓRA, T. Impact of target selection on front kick kinematics in *Taekwondo* – pilot study. **Physical Activity Review**, v. 4, 2016. doi: 10.16926/par.2016.04.07.

WASIK, J.; MOSLER, D.; ORTENBURGER, D.; GÓRA, T.; CHOLEWA, J. Kinematic effects of the target on the velocity of *Taekwondo* roundhouse kicks. **Journal of Human Kinetics**, v. 80, n° 1, pp.61-69, 2021. doi: 10.2478/hukin-2021-0103.

WASIK, J. The structure of the roundhouse kick on the example of a European Champion of *Taekwondo*. **Archives of Budo**, v. 6, p. 211–216, 2010.

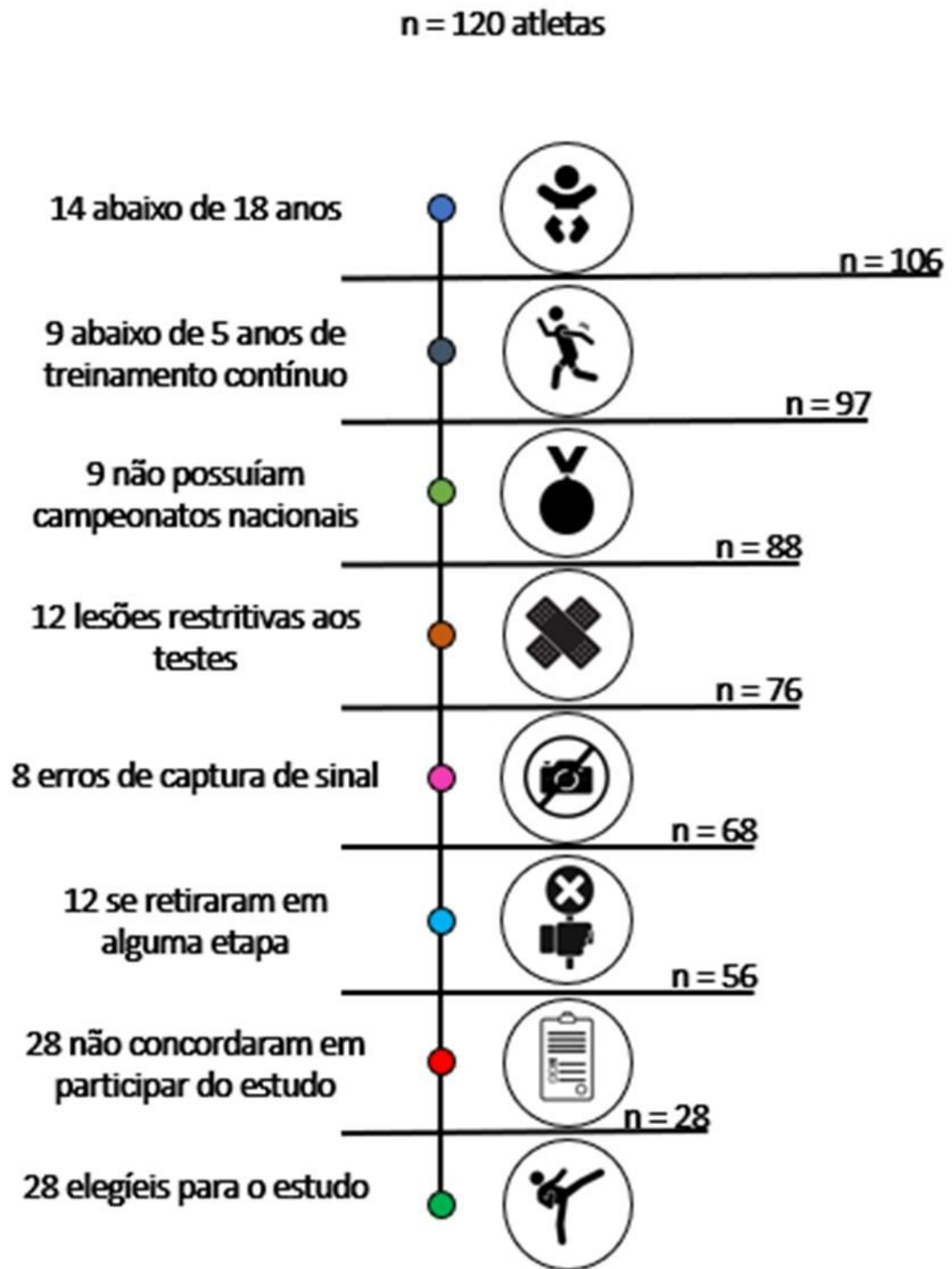
WASIK, J.; MOSLER, D.; GÓRA, T.; ORTENBURGER, D.; CHALIMONIUK, M.; LANGFORT, J. Kinematic differences between traditional and sport version of roundhouse kick executed by male Taekwondo masters. **Journal of Men's Health**, v. 18, n° 6, 2022. doi: 10.31083/j.jomh1806138

WASIK, J.; SHAN, G. Kinematics of the turning kick: measurements obtained in testing well-trained Taekwondo athletes. **Archives of Budo**, v. 11, p. 61–67, 2015.

WORLD *TAEKWONDO* FEDERATION. **Competition rules & interpretation**. Disponível em: http://www.wtf.org/wtf_eng/site/rules/competition.html. Acessado em 31 de outubro, 2022.

YANG, C.; THURSTON, T.; CHO, E.; CHO, J.; KOO, J. Non-combative *Taekwondo* evokes highly anaerobic physiological responses in elite-level athletes: potential evidence for a new training modality. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 59, n° 9, p. 1450-1457, 2019. doi: 10.23736/S0022-4707.18.09365-9.

APÊNDICE A – Diagrama de Seleção dos participantes



APENDICE B – Procedimento para Pinçamento da Dobra

Dobra Cutânea	Sentido da Dobra	Referência	Procedimento
Tórax	Diagonal	Linha axilar anterior e mamilo	Dobra localizada no ponto médio entre a linha axilar anterior e o mamilo p/ sexo masculino, e 1/3 p/ o sexo feminino.
Axilar média	Vertical	Junção xifoesternal e linha axilar média	Dobra localizada em cima da linha axilar média ao nível do processo xifoide.
Tríceps	Vertical (linha média)	Ponto meso-umeral	Dobra na região posterior do braço.
Subescapular	Diagonal ou Obliquo	Borda medial da escápula e ângulo inferior da escápula	Dobra localizada abaixo e após 1 a 2 cm do ângulo inferior da escápula. Projeta-se uma linha oblíqua do ângulo inferior da escápula acompanhando o prolongamento oblíquo da borda medial da escápula.
Supra ilíaca	Diagonal	Crista ilíaca	Dobra localizada logo acima da crista ilíaca em um ponto coincidente com a linha axilar anterior.
Abdominal	Vertical	Cicatriz umbilical	Dobra localizada lateralmente a 2 cm da cicatriz umbilical.
Coxa	Vertical (linha femoral média)	Dobra inguinal	Dobra localizada na região anterior da coxa no ponto médio femoral.

APÊNDICE C – Formulário de coleta de dados

ANAMNESE	
Nome do Atleta:	Data de Nascimento:
Idade:	Sexo:
RUT:	Classe de idade:
Categoria de peso:	Graduação:
Tempo de prática:	Lado dominante:
Resultado mais importante:	Resultado mais recente:

APENDICE D – Pontos de referência do salto com contramovimento

Ponto de Referência	Descrição
Início do movimento	Ponto onde o limiar de 20 N é excedido
Início da fase de frenagem	Força mínima até o final da fase excêntrica
Início da fase de desaceleração	Pico de velocidade excêntrica até o final da fase até o final da fase excêntrica
Início da fase concêntrica	Velocidade zero até a decolagem
Início da TDF máxima	Ponto mais íngreme da força concêntrica
Fim da TDF máxima	Pico da força na decolagem
Pico de força na decolagem	Maior valor da força obtido durante o salto (fase concêntrica/excêntrica)
Decolagem	Ponto onde a força está abaixo de 30 N
Aterrissagem	Ponto onde a força está acima de 30 N
Pico de força na aterrissagem	Maior valor da força obtido durante a fase de aterrissagem

APENDICE E – Fases do salto com contramovimento

Fases	Descrição
Fase de pesagem	Fase estável para gravação do peso
Fase excêntrica	Fase contendo valores negativos para a velocidade
Fase de frenagem	Subfase dentro da fase excêntrica: força mínima até o final da fase excêntrica
Fase de desaceleração	Subfase dentro da fase excêntrica: pico de velocidade excêntrica até o final da fase excêntrica
Fase concêntrica	Velocidade zero até a decolagem
Fase de voo	Da decolagem até a aterrissagem
Fase de aterrissagem	Ponto onde a força está acima de 30 N e eventualmente retorna ao valor do peso corporal

APENDICE F – Métricas de desempenho do salto com contramovimento

Métrica	Descrição
Altura do salto	Deslocamento do centro de massa do instante da decolagem até o pico de deslocamento.
Tempo de voo	Tempo gasto no ar dividido pelo tempo gasto no solo
Duração excêntrica	Comprimento de tempo gasto na fase excêntrica
Potência média na fase excêntrica	Quantidade média de potência gerada na fase excêntrica
Pico de Potência	Potência máxima na fase concêntrica

APENDICE G – Cálculo das variáveis do salto com contramovimento

Variável	Método de Análise
Rigidez	Calculado pelo pico de força dividido pelo deslocamento.
Fase concêntrica	Calculado pelo período entre o ponto mais baixo do centro de massa e o momento da decolagem.
Pico de força fase concêntrica/BM	Calculado pelo ponto mais alto de força durante a fase concêntrica dividido pela massa corporal.
TDF/BM frenagem excêntrica	Calculado pela alteração da força em função do tempo corrigido pela massa corporal durante a frenagem na fase excêntrica.
TDF 100ms/BM frenagem excêntrica	Calculado pela alteração da força em função do tempo corrigido pela massa corporal a 100 milissegundos durante a frenagem na fase excêntrica.
TDF/BM desaceleração excêntrica	Calculado pela alteração da força em função do tempo corrigido pela massa corporal durante a desaceleração na fase excêntrica.
Fase excêntrica	Calculado pelo tempo entre o início do movimento e o ponto mais baixo do deslocamento do centro de massa.
Pico de força/BM fase excêntrica	Calculado pelo ponto mais alto de força durante a fase excêntrica dividido pela massa corporal.
Tempo de voo	Calculado pelo tempo total entre a decolagem até a aterrissagem.
Altura do salto	Calculado pelo impulso líquido vertical durante a fase de decolagem do salto.
Pico de potência/BM	Calculado pelo ponto máximo de força dividido pelo peso corporal.
Rigidez membro (ND)	Calculado pelo pico de força dividido pelo deslocamento no membro inferior não dominante.
Rigidez membro (D)	Calculado pelo pico de força dividido pelo deslocamento no membro inferior dominante.
Pico de força fase concêntrica membro (ND)	Calculado pelo ponto mais alto de força durante a fase concêntrica no membro inferior não dominante.

Pico de força fase concêntrica membro (D),	Calculado pelo ponto mais alto de força durante a fase concêntrica no membro inferior dominante
Pico de força na decolagem membro (ND)	Calculado pela divisão da fase excêntrica pela fase concêntrica na perna não dominante.
Pico de força na decolagem membro (D)	Calculado pela divisão da fase excêntrica pela fase concêntrica na perna dominante.

APENDICE H – Pontos de referência do salto com agachamento

Ponto de Referência	Descrição
Início do movimento	Ponto onde o limiar de 20 N é excedido
Início da TDF máxima	Ponto mais íngreme da força concêntrica
Fim da TDF máxima	Fim do maior ponto da TDF
Pico de força na decolagem	Maior valor de força obtido durante o salto
Decolagem	Ponto onde a força está abaixo de 30 N
Aterrissagem	Ponto onde a força está acima de 30 N
Pico de força na aterrissagem	Maior valor de força obtida durante a fase de aterrissagem

APENDICE I – Fases do salto com agachamento

Fase	Descrição
Fase de pesagem	Fase estável para gravação do peso
Fase concêntrica	Velocidade zero até a decolagem
Fase de voo	Da decolagem até a aterrissagem
Fase de aterrissagem	Ponto onde a força está acima de 30 N e eventualmente retorna ao valor do peso corporal

APENDICE J – Métricas de desempenho do salto com agachamento

Métrica	Descrição
Altura do salto	Deslocamento do centro de massa do instante da decolagem até o pico de deslocamento
Impulso positivo na decolagem	Trabalho concêntrico total desenvolvido acima do peso corporal
TDF concêntrica	Taxa de desenvolvimento de força na fase concêntrica
Pico de potência/BM	Pico de potência na fase concêntrica corrigida pelo peso corporal
Pico de força líquida na decolagem/MC	Pico de força líquida (acima do peso corporal) corrigida pelo peso corporal

APENDICE K – Cálculo das variáveis do salto com agachamento

Variável	Método de Análise
Potência média na fase concêntrica/BM	Calculado pela média da potência gerada na fase concêntrica dividida pela massa corporal.
TDF/BM fase concêntrica	Calculado pela variação da força em função do tempo corrigido pela massa corporal durante a fase concêntrica.
Tempo de contração	Calculado pela medida total do início do movimento até a decolagem.
Tempo de voo	Calculado pelo tempo total entre a decolagem até a aterrissagem.
Altura do salto (tempo de voo)	Calculado pelo impulso líquido vertical durante a fase de decolagem do salto.
Pico de potência/BM	Calculado pelo ponto máximo de força dividido pela massa corporal
Pico de aceleração na decolagem	Calculado pelo ponto mais alto de força durante decolagem.
Pico de força na decolagem/BM	Calculado pelo ponto mais alto de força durante decolagem dividido pela massa corporal.
TDF fase concêntrica membro (ND)	Calculado pela variação da força realizado pelo membro não dominante em função do tempo.
TDF fase concêntrica membro (D)	Calculado pela variação da força realizado pelo membro dominante em função do tempo.
TDF-100ms fase concêntrica membro (ND)	Calculado pela variação da força realizado pelo membro não dominante em função do tempo a 100 milissegundos da fase concêntrica.
TDF-100ms fase concêntrica membro (D)	Calculado pela variação da força realizado pelo membro dominante em função do tempo a 100 milissegundos da fase concêntrica.
Força no pico de potência membro (ND)	Calculado pela expressão da força máxima do membro não dominante durante o pico de potência.
Força no pico de potência membro (D)	Calculado pela expressão da força máxima do membro dominante durante o pico de potência.

APENDICE L – Fases do *Bandal Chagi*

Fase	Eventos
Impulsão	Inicia com o movimento de giro do quadril e termina com perda de contato do primeiro metatarso com o solo.
Lançamento	Inicia com a ausência de contato com o solo e termina com a máxima flexão do joelho.
Ataque	Inicia com a máxima flexão de joelho e termina com o impacto no alvo.

APENDICE M – Cálculo das variáveis do salto com agachamento

Variável	Método de Análise
Tempo na 1ª fase do chute	Calculado pelo tempo compreendido entre o início do giro do quadril e a perda de contato do primeiro metatarso com o solo.
Tempo na 2ª fase do chute	Calculado pelo tempo compreendido entre a perda de contato com o solo e termina com a máxima flexão do joelho.
Tempo na 3ª fase do chute	Calculado pelo tempo compreendido entre a máxima flexão de joelho e o impacto no alvo.
Tempo total do chute	Calculado pelo tempo compreendido entre o início do giro do quadril e o impacto no alvo.
Velocidade linear do pé 1ª fase	Calculada pela variação entre a posição inicial do pé no início do giro do quadril e a posição final na perda de contato do primeiro metatarso com o solo dividida pela variação do tempo.
Velocidade linear do pé 2ª fase	Calculada pela variação entre a posição inicial do pé na perda de contato com o solo e a posição final na máxima flexão do joelho dividida pela variação do tempo.
Velocidade linear do pé 3ª fase	Calculada pela variação entre a posição inicial do pé na máxima flexão de joelho e a posição final no contato com o alvo dividida pela variação do tempo.
Velocidade linear total do pé	Calculada pela variação entre a posição inicial do pé no início do giro do quadril e a posição final no contato com o alvo dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular do joelho 1ª fase	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do joelho no início do giro do quadril e a posição final na perda de contato do primeiro metatarso com o solo dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular do joelho 2ª fase	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do joelho na perda de contato com o solo e a posição

	final na máxima flexão do joelho dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular do joelho 3ª fase	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do joelho na máxima flexão de joelho e a posição final no contato com o alvo dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular total do joelho	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do joelho no início do giro do quadril e a posição final no contato com o alvo dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular do quadril 1ª fase	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do quadril no início do giro do quadril e a posição final na perda de contato do primeiro metatarso com o solo dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular do quadril 2ª fase	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do quadril na perda de contato com o solo e a posição final na máxima flexão do joelho dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular do quadril 3ª fase	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do quadril na máxima flexão de joelho e a posição final no contato com o alvo dividida pela variação do tempo.
Velocidade angular total do quadril	Calculada pelo deslocamento angular entre a posição inicial do quadril no início do giro do quadril e a posição final no contato com o alvo dividida pela variação do tempo.
Aceleração do pé 1ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do pé na perda de contato do primeiro metatarso com o solo pela velocidade na posição inicial do pé no início do giro do quadril dividida pela variação do tempo.
Aceleração do pé 2ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do pé na máxima flexão do joelho pela velocidade na posição

	inicial do pé na perda de contato do primeiro metatarso com o solo dividida pela variação do tempo.
Aceleração do pé 3ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do pé no contato com o alvo pela velocidade na posição inicial do pé na máxima flexão do joelho dividida pela variação do tempo.
Aceleração total do pé	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do pé no contato com o alvo pela velocidade na posição inicial do pé no início do giro do quadril dividida pela variação do tempo.
Aceleração do joelho 1ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do joelho na perda de contato do primeiro metatarso com o solo pela velocidade na posição inicial do joelho no início do giro do quadril dividida pela variação do tempo.
Aceleração do joelho 2ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do joelho na máxima flexão do joelho pela velocidade na posição inicial do joelho na perda de contato do primeiro metatarso com o solo dividida pela variação do tempo.
Aceleração do joelho 3ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do joelho no contato com o alvo pela velocidade na posição inicial do joelho na máxima flexão do joelho dividida pela variação do tempo.
Aceleração total do joelho	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do joelho no contato com o alvo pela velocidade na posição inicial do joelho no início do giro do quadril dividida pela variação do tempo.
Aceleração do quadril 1ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do quadril na perda de contato do primeiro metatarso com o solo pela velocidade na posição inicial do quadril no início do giro do quadril dividida pela variação do tempo.
Aceleração do quadril 2ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do quadril na máxima flexão do joelho pela velocidade na

	posição inicial do quadril na perda de contato do primeiro metatarso com o solo dividida pela variação do tempo.
Aceleração do quadril 3ª fase	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do quadril no contato com o alvo pela velocidade na posição inicial do quadril na máxima flexão do joelho dividida pela variação do tempo.
Aceleração total do quadril	Calculada pela subtração da velocidade na posição final do quadril no contato com o alvo pela velocidade na posição inicial do quadril no início do giro do quadril dividida pela variação do tempo.
