

Influência das variáveis cinemáticas sobre o desempenho do chute giro dorsal de atletas de karatê de alto rendimento

Influence of kinematic variables on the back turning kick performance among high performance karate athletes

FERREIRA, L.; NASCIMENTO JUNIOR, J. R. A.; MARTINS, A. C. V.; PIEMONTEZ, G. R.; BONILHA, A. A. C. BORGES JUNIOR, N. G. Influência das variáveis cinemáticas sobre o desempenho do chute giro dorsal de atletas de karatê de alto rendimento. **R. bras. Ci. e Mov** 2015;23(4): 128-138.

RESUMO: Este estudo objetivou analisar a influência das variáveis cinemáticas sobre o desempenho do chute giro dorsal de atletas de karatê. Participaram da pesquisa 12 atletas faixas-preta de karatê. Para a aquisição dos dados foram utilizados: estadiômetro, balança, tapete de contato, alvo instrumentado e sistema de centrais inerciais (X-sens MVN Studio®). Para a análise estatística, utilizou-se a Regressão Linear Múltipla ($p < 0,05$). Os resultados evidenciaram que o ângulo mínimo do joelho, o ângulo do joelho no impacto e a amplitude do ângulo do joelho (Modelo 1) apresentaram uma influência de 61% na variabilidade da velocidade máxima do pé no momento do contato com o alvo ($p = 0,001$); ao analisar a influência do ângulo do joelho no impacto, ângulo mínimo do joelho, velocidade máxima do pé e velocidade do pé no momento do impacto sobre o impulso durante o chute, observou-se que as variáveis cinemáticas explicam 32% do impulso do atleta ($p = 0,001$). Concluiu-se que as variáveis cinemáticas são elementos intervenientes na execução do chute, relevando assim a importância da biomecânica como uma ferramenta importante para o aperfeiçoamento de aspectos determinantes do desempenho do chute giro dorsal no karatê.

Palavras-chave: Biomecânica; Centrais Inerciais; Impulso.

ABSTRACT: This study analyzed the influence of kinematic variables on the back turning kick performance among karate athletes. Participants were 12 black belts athletes. For data acquisition it was used the Stadiometer, balance, contact carpet, instrumented target and inertial central system (X-sens MVN Studio®). For statistical analysis, it was used the Multiple Linear Regression ($p < 0,05$). The results revealed that the minimum knee angle, the knee angle at impact and the extent of the knee angle (Model 1) showed an influence of 61% on the variability of the maximum speed of the foot at the contact moment with the target ($p = 0.001$); when analyzed the influence of knee angle at impact, the minimum knee angle, the maximum speed of the foot and the foot speed at impact on the impulse during the kick, it was observed that kinematic variables explained 32% of the athlete's impulse ($p = 0.001$). It was concluded that the kinematic variables are intervening elements on the execution of the back turning kick, thus emphasizing the importance of biomechanics as an important tool for the enhancement of determinant aspects related to the execution of the karate back turning kick.

Key Words: Biomechanics; Inertial Central; Impulse.

Luciana Ferreira¹
José Roberto Andrade
Nascimento Junior¹
Ana Claudia Vieira Martins²
George Roberts Piemontez²
Anibal Alexandre Campos
Bonilla²
Noé Gomes Borges Junior¹

¹Universidade Estadual de Maringá

²Universidade do Estado de Santa Catarina

Recebido: 21/10/2014
Aceito: 02/09/2015

Contato: Luciana Ferreira - luferreira.ed@gmail.com

Introdução

Estudos recentes apontam que um dos principais diferenciais de atletas campeões olímpicos é a capacidade de realizar movimentos extremamente complexos com elevada habilidade técnica¹. Tal constatação é ainda mais evidente nas artes marciais, uma vez que exige dos atletas movimentos que incluem técnicas impressionantes com diferentes partes do corpo em direção a alvos específicos no adversário². Essas ações devem ser realizadas de forma rápida, precisa e poderosa, respeitando as especificidades de cada modalidade³. Nesse contexto, a análise biomecânica tem sido considerada por atletas e treinadores como uma poderosa ferramenta para a avaliação do movimento humano e prevenção de lesões, além do aperfeiçoamento de aspectos determinantes do sucesso no desempenho esportivo⁴⁻⁶.

Dentre as diversas modalidades de artes marciais existentes na atualidade, uma das mais antigas e tradicionais é o Karatê⁷, que é um esporte composto praticamente por movimentos acíclicos, principalmente por chutes superiores e inferiores contra o corpo do adversário². Assim, percebe-se que as técnicas de chutes são fundamentais para o sucesso neste esporte, sendo o chute giro dorsal um dos mais eficientes⁸. Diversas pesquisas no cenário científico internacional^{2,9,10} têm analisado as características biomecânicas do chute no karatê, fundamento que possui grande diferencial em função do seu alto índice de utilização durante os treinamentos e competições, devido ao seu alto potencial na definição de um combate (por pontos marcados ou por nocaute)⁸.

Apesar de já existirem estudos envolvendo a análise biomecânica do chute^{2, 11} no karatê e outras artes marciais para a otimização da técnica de execução visando o desempenho final nas lutas e competições, ainda não foram realizadas investigações no cenário científico brasileiro a respeito da influência da biomecânica na execução de movimentos específicos de artes marciais. Dessa forma, o presente estudo avança em relação ao que já se tem publicado ao analisar as relações de predição entre variáveis cinemáticas sobre o desempenho na velocidade máxima do pé e no impulso (força x tempo) do chute giro dorsal no karatê. Além

disso, os achados desta pesquisa se tornam relevantes na medida em que podem apontar qual a influência das variáveis cinemáticas sobre o desempenho do chute giro dorsal no karatê, além de servir de parâmetros para o aperfeiçoamento do treinamento de atletas do contexto brasileiro do Karatê.

Embora as diversas áreas do conhecimento tenham se interessado pelo estudo das artes marciais, e do Karatê em especial, escassas são as avaliações envolvendo estudos com gestos técnicos. Na literatura disponível, o estudo de Boye e Xie¹² analisou a velocidade do chute circular entre atletas masculinos e femininos de *taekwondo*, Kim, Kim e Im¹³ analisaram a velocidade de quatro diferentes tipos de chutes, O'Sullivan *et al.*¹⁴ analisaram o impacto chute giratório em duas diferentes alturas, Estevan *et al.*¹⁵ analisaram a força de impacto do chute semicircular em três distâncias e Falco *et al.*¹⁶ compararam a força de impacto e o tempo de reação da perna dominante e não dominante a partir de três diferentes distâncias.

De forma geral, as pesquisas^{2,14,17,18} concluem que o uso eficiente das variáveis biomecânicas durante a execução do chute possibilitam ao atleta acertar o alvo com a máxima velocidade, a maior quantidade de força e em menor tempo possível. Especificamente no chute giro dorsal, a preferência de aplicação pelos atletas durante as lutas deve-se ao seu potencial de ataque no karatê, caracterizado por sua eficiência motora e rapidez de execução, o que, em muitas ocasiões, pode levar o adversário ao nocaute, devido à magnitude do movimento⁸.

Diante do exposto, e da lacuna na literatura, este estudo objetiva analisar a influência das variáveis cinemáticas sobre o desempenho (velocidade máxima do pé e impulso) do chute giro dorsal de atletas de karatê de alto rendimento.

Materiais e métodos

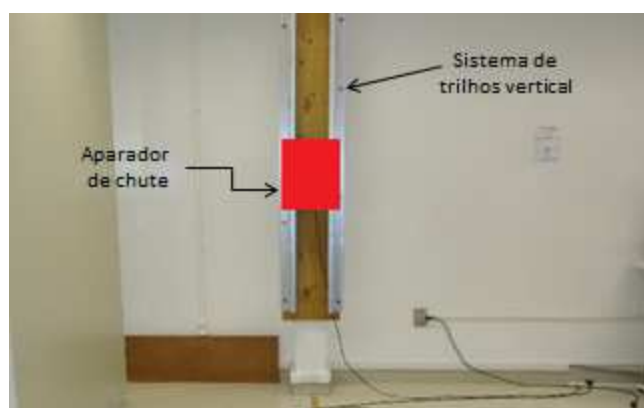
Participantes

Participaram deste estudo 12 atletas de karatê do sexo masculino, com idade média de 27,66±7,58 anos, massa corporal de 79,51±15,38kg, estatura média de 1,73±0,06, e apresentam comprimento de membro

inferior médio de 0,87m ($\pm 0,03$), filiados à Associação de Artes Marciais *Shubu-Dô* da cidade de Curitiba (Paraná). Todos os atletas eram pertencentes à categoria faixa preta, competindo nesta graduação há pelo menos cinco anos e sob treinamento de no mínimo três horas semanais, caracterizando-se assim como atletas de alto rendimento. O presente estudo foi realizado no Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID/UDESC), aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (processo n°. de ref. 182/2011). Selecionados por meio da amostragem não probabilística intencional, todos os atletas consentiram em participar voluntariamente do estudo.

Protocolo Experimental

Foram utilizados os seguintes instrumentos: 1) Aparador de chutes (alvo instrumentado): dispositivo calibrado, composto de um sistema de trilhos verticais fixados em uma parede (Figura 1), que permitiu o ajuste da altura em função da altura do Karateca.



Fonte: Adaptado de Vieiro¹⁹

Figura 1. Alvo instrumentado com duas células de carga, composta de um sistema de trilhos verticais fixados em uma parede, e um aparador de chute na superfície de impacto.

Esse alvo mensura o impulso (força x tempo) gerado durante a execução do chute. Para tanto, foram colocadas duas células de carga, modelo CDN da marca Kratos®, com capacidade de medição de até 2000N cada. As células de carga foram fixadas de forma paralela entre duas chapas de madeira (0,22m x 0,22m), cada uma com espessura de 0,03m. Na superfície de impacto foi colocado um aparador constituído de um bloco de

espuma, com dimensões de 0,63 x 0,38 x 0,15m (comprimento x largura x espessura), e um sistema de aquisição micro controlado (PIC 18F 8720) com condicionadores de sinais projetados para este tipo de célula de carga. Os dados foram armazenados em um *software* desenvolvido para o sistema de aquisição, permitindo o controle (monitoramento em tempo real) e a aquisição dos dados. A frequência de aquisição foi de 1000Hz, visando à obtenção de precisão das variáveis estudadas; 2) Tapete de contato SaltoBras® (SB) para medir o tempo de execução do chute giro dorsal conectado ao sistema de aquisição (*hardware*), sincronizado com o alvo instrumentado para o armazenamento do tempo de execução do chute; 3) Sistema de centrais inerciais para aquisição dos dados utilizou-se o sistema de captura de movimento inercial (Centrais Inerciais X-sens MVN Studio®), que compreende um *software* que permite visualização em tempo real do movimento em 3D do sujeito, e reproduz os dados cinemáticos gravados do modelo biomecânico com 23 segmentos corporais e 22 articulações, incluindo o centro de massa. Os 17 sensores de movimento (MTx e MTx-L) são as unidades de medição inercial em miniatura contendo acelerômetros, giroscópios e magnetômetros 3D, colocados em locais específicos do corpo (os MTx são usados na pelve, esterno e extremidades: mãos, pés e cabeça). Os MTx-L são usados nos membros superiores e inferiores (braços, pernas e ombros) de modo que possam medir os movimentos de cada segmento corporal nas coordenada X, Y e Z.

Para determinar o momento do impacto, foram utilizados os dois sistemas de aquisição, centrais inerciais e alvo instrumentando juntamente com o tapete de contato. Sistema que proporcionou descobrir o momento exato do instante em que o pé atingiu o alvo, por meio dos gráficos de impulso gerado pelo sistema de aquisição do alvo instrumentado e o gráfico da velocidade do pé em direção ao alvo gerado pelo sistema das centrais inerciais, além das imagens geradas pelo mesmo sistema.

Para a coleta, adotou-se a seguinte rotina: preparação dos karatecas: a) demarcação dos pontos segmentares e fixação dos sensores das centrais inerciais no corpo, colocados em locais específicos, conforme o

modelo proposto pelo instrumento²⁰ visando à aquisição dos movimentos de cada segmento corporal nas coordenadas X, Y e Z; b) o ajuste da altura do alvo instrumentado foi determinado posicionando-se o Karateca em pé em frente ao alvo à altura do processo xifóide do executante, permitindo que o contato do pé pudesse ser realizado na região superior do aparador; c) a distância do alvo foi auto selecionada pelo karateca; d) adaptação do karateca em período suficiente para conhecimento com o ambiente e com os instrumentos, podendo o karateca executar o chute giro dorsal para ajuste dos sensores das centrais inerciais, e de sua distância e altura do chute em relação ao alvo. e) 5 a 7 minutos para o aquecimento como o adotado rotineiramente nas competições;

A calibração do sistema das centrais inerciais foi adotada conforme a recomendação do equipamento *Xsens MVN Studio*²⁰, na qual foram utilizadas três posições de calibração para determinar a direção dos eixos de cada segmento; após este procedimento, o calcanhar direito do karateca foi definido como a origem do sistema global (0, 0, 0). As origens das articulações foram determinadas pela estrutura anatômica e localizadas no centro dos eixos funcionais com as direções de X, Y e Z (sistema local) sendo relacionadas com os movimentos funcionais do corpo. A origem de cada segmento é, portanto, sempre localizada no centro da articulação proximal, o qual correspondia ao ponto de rotação funcional²⁰.

Todos os karatecas realizaram o chute utilizando o membro direito (dominante para todos). Após o comando verbal “Prepara, Chuta” o karateca realizou oito chutes com o membro inferior direito, contra o alvo instrumentado. Os karatecas foram orientados a executar o chute de forma similar ao realizado nas competições. Foram selecionados cinco chutes válidos que obtiveram o maior impulso (N.s). Sendo considerado como válido, o chute possibilitou a completa aquisição do movimento.

O intervalo de tempo entre as execuções foi de um minuto. Este tempo de intervalo foi adotado considerando: a) o nível de treinamento e participações em competições dos faixas-preta; b) o tempo de duração de uma luta de karatê, que é de 3 a 5 minutos, sendo que o Karateca aplica golpes e defesas contra o adversário sem

intervalo de descanso. Finalizadas as aquisições, os dados foram salvos e exportados para as planilhas do programa *Microsoft Excel*, e posteriormente transportados em um programa computacional implementado no *Software Scilab*- 5.3.3, para posterior análise.

Foram consideradas as seguintes variáveis para o estudo: a) cinemáticas: ângulo mínimo e ângulo do joelho no momento do impacto (ângulo interno; referência inicial 0°); amplitude do ângulo do joelho (do ângulo mínimo ao ângulo do impacto); velocidade máxima do pé e velocidade do pé no momento do impacto; tempo de execução do chute (momento que o karateca perde totalmente o contato do pé com o tapete até o primeiro instante em que o dorso do pé entra em contato com o alvo); b) cinética: impulso (curva da força em função do tempo) definido pela integração da área formada pela curva.

Análise dos Dados

Para verificar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de *Shapiro Wilk* ($n < 50$). Para determinar o efeito das variáveis cinemáticas sobre a velocidade máxima do pé e impulso durante o chute no karatê, utilizou-se a regressão linear múltipla. Apesar da amostra ser considerada pequena para modelos de regressão múltipla, Knofczynski e Mundfrom²¹ apontam que o mínimo de dois sujeitos é aceitável para um modelo de regressão Múltipla com bom nível de predição. Assim, os modelos do presente estudo estão de acordo com tal recomendação, uma vez que cada modelo possui 4 e 5 variáveis, respectivamente. Outra medida em relação ao tamanho da amostra foi a utilização da técnica de *Bootstrap* de *Bollen-Stine* para corrigir o valor dos coeficientes estimados pelo método da Máxima Verossimilhança²² implementado no *software* AMOS versão 18.0. A existência de *outliers* foi avaliada pela distância quadrada de *Mahalanobis* (D^2) e a normalidade univariada das variáveis foi avaliada pelos coeficientes de assimetria (*sk*) e curtose (*ku*) uni e multivariada. Nenhuma variável apresentou valores de *Sk* e *Ku*, indicadores de violações severas à distribuição Normal ($ISkI < 3$ e $IKuI < 10$). Não se observaram também valores de DM^2 indicadores da existência de *outliers*, nem

correlações suficientemente fortes entre as variáveis exógenas que indicassem possíveis problemas com a multicolinearidade. Os *Variance Inflation Factors* (VIF) foram calculados com o *software SPSS Statistics* (v.19, SPSS) e nenhuma variável apresentou VIF indicadores de multicolinearidade ($>5,0$).

Partindo das recomendações de Kline²³, a interpretação dos coeficientes das trajetórias teve como referência: pouco efeito para cargas fatoriais $< 0,20$, médio efeito para cargas fatoriais até $0,49$ e grande efeito para cargas fatoriais $> 0,50$. Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos com $p < 0,05$.

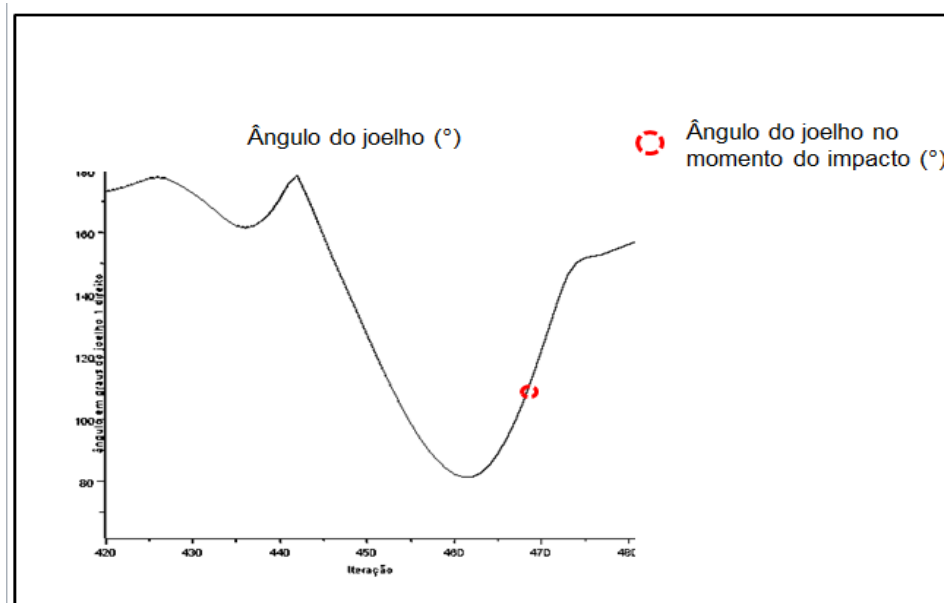


Figura 2. Representação gráfica do Ângulo do joelho no momento do impacto na execução do chute giro dorsal em karatecas.

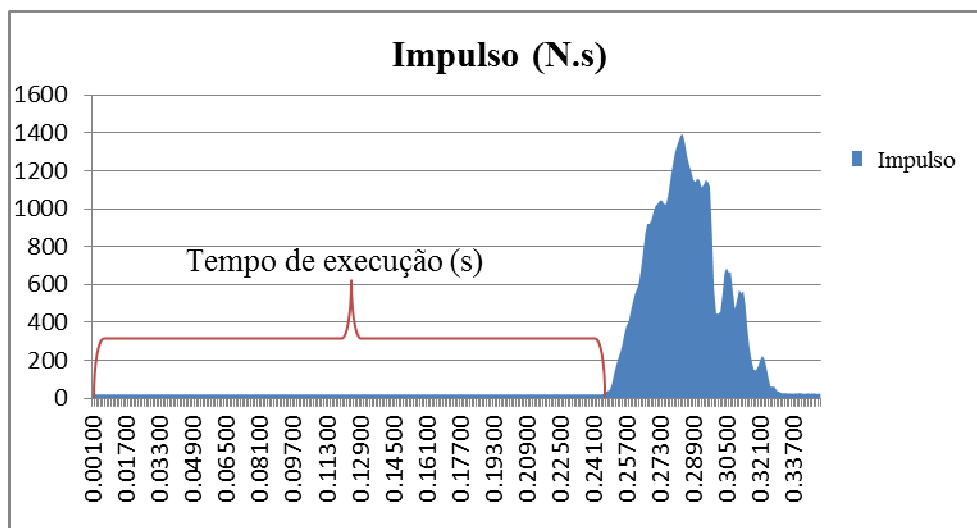


Figura 3. Representação gráfica do impulso e tempo de execução do chute giro dorsal em karatecas (curva força x tempo).

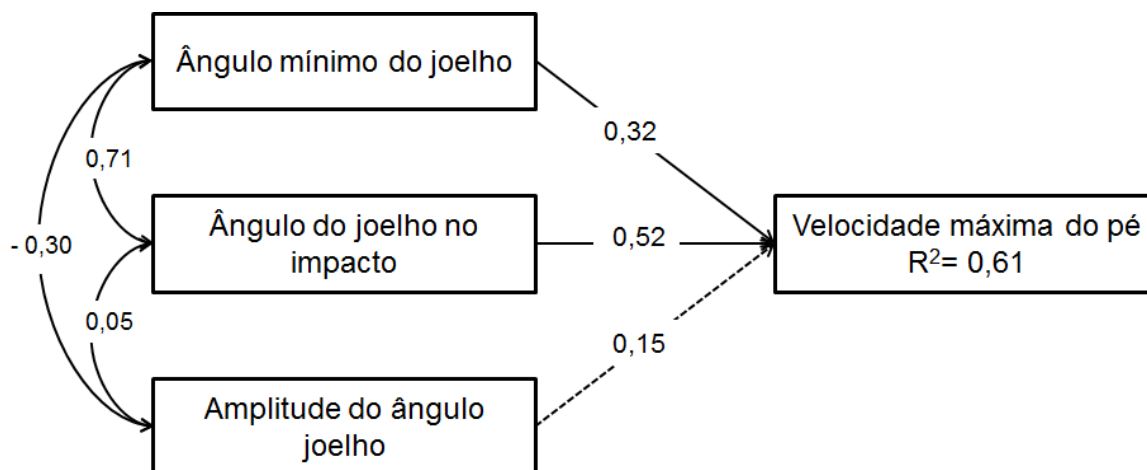
Resultados

Em relação às variáveis cinemáticas e cinéticas durante a execução do chute giro dorsal no karatê, verificou-se que a média do ângulo mínimo do ângulo do joelho durante a execução do chute giro dorsal foi de $55,27 \pm 7,11^\circ$; no momento em que o pé entra em contato

com o alvo, a média do ângulo do joelho foi de $106,64 \pm 12,05^\circ$; para a amplitude do ângulo do joelho (do ângulo mínimo do ângulo do joelho até o momento em que o pé entra em contato com o alvo) foi encontrada uma média de $38,96 \pm 5,90^\circ$. No que se refere à variável velocidade, a média da velocidade máxima do pé durante

a execução do chute giro dorsal foi de $10,72 \pm 1,21 \text{ m/s}$ e a velocidade do pé no momento do impacto foi de $4,13 \pm 1,44 \text{ m/s}$. Quanto ao tempo de execução do chute, a média obtida pelos karatecas foi de $0,32 \pm 0,03 \text{ s}$, por fim, em o valor do impulso atingido pelos karatecas durante a execução do chute giro dorsal foi de $78,06 \text{ N.s}$.

Ao analisar a relação entre as variáveis cinemáticas e a velocidade máxima do pé durante a execução do chute (Figura 2), verificou-se que o modelo



Nota: --- coeficiente de regressão não significativo ($p > 0,05$).

Figura 2. Influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade máxima do pé durante a execução do chute giro dorsal no Karatê.

Em relação às trajetórias individuais das variáveis (Figura 2), as trajetórias do ângulo mínimo do joelho (Erro-Padrão/EP= 0,13; Rácio Crítico/RC=2,48; $p = 0,01$) e do ângulo do joelho no momento do impacto (EP= 0,13; RC= 4,11; $p = 0,001$), foi apresentada significância estatística. Observou-se que a cada aumento de uma 1 desvio-padrão do ângulo mínimo do joelho e do ângulo do joelho no momento do impacto, a velocidade máxima do pé aumenta em 0,32 e 0,52 desvio-padrão, respectivamente. Contudo, a trajetória da variável amplitude do ângulo do joelho (EP= 0,01; RC=1,60; $p = 0,10$) não se revelou estatisticamente significativa, indicando que esta variável individualmente não apresenta efeito sobre a velocidade do pé no momento do chute.

Ao analisar o efeito das variáveis cinemáticas sobre o impulso (Figura 3), foram elaborados diversos modelos estatísticos com as cinco variáveis cinemáticas: ângulo mínimo do joelho, ângulo do joelho no impacto, amplitude no ângulo do joelho, velocidade máxima do pé e velocidade do pé no momento do impacto. Todavia,

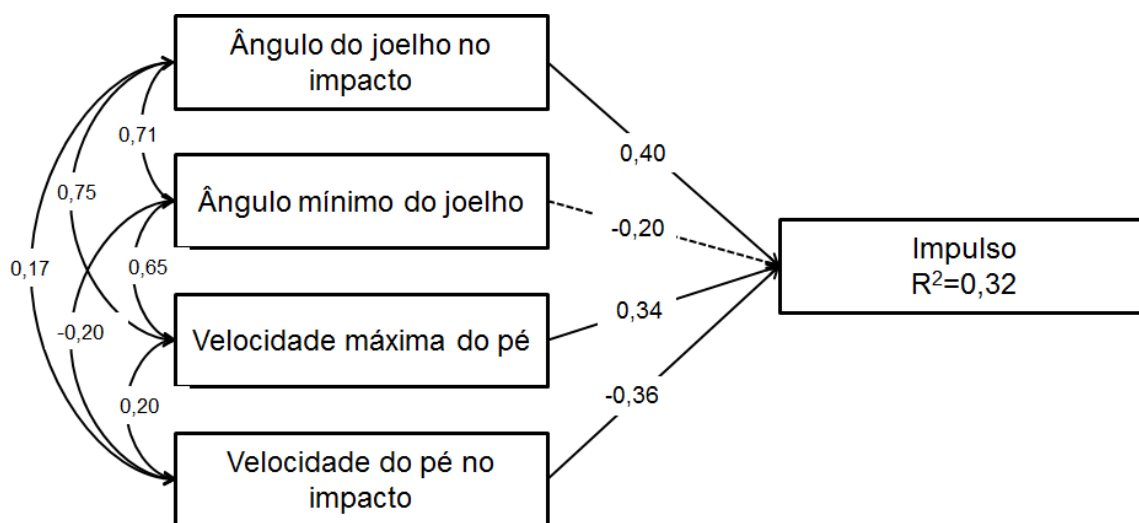
explica 61% da variabilidade da velocidade máxima do pé no momento do contato com o alvo ($p = 0,001$) na execução do chute giro dorsal no Karatê, evidenciando que as variáveis cinemáticas (ângulo mínimo do joelho, ângulo do joelho no momento do impacto e amplitude do ângulo do joelho) são importantes elementos intervenientes para a execução bem sucedida do chute giro dorsal no Karatê.

quando analisadas conjuntamente, o modelo que melhor explicou a variabilidade do impulso (32%) foi constituído pelas seguintes variáveis: ângulo do joelho no impacto, ângulo mínimo do joelho, velocidade máxima do pé e a velocidade do pé no impacto com o alvo instrumentalizado ($p = 0,001$), indicando que essas variáveis conjuntamente apresentam moderada influência sobre o impulso dos atletas durante a execução do chute giro dorsal.

Em relação às trajetórias individuais do modelo (Figura 3), o ângulo do joelho no momento do impacto (EP=0,53; RC=2,08; $p = 0,03$), a velocidade do pé no momento do impacto (EP = 3,25; RC= - 2,80; $p = 0,01$) e a velocidade máxima do pé (durante a execução) (EP = 4,65; RC = 1,94; $p = 0,05$) apresentaram significativo efeito sobre o impulso. Observou-se que a cada aumento de uma 1 desvio-padrão do ângulo do joelho e da velocidade máxima do pé durante a execução do chute, a velocidade máxima do pé aumenta em 0,40 e 0,34 desvio-padrão, respectivamente. Já a cada aumento de uma 1

desvio-padrão da velocidade do pé no momento do impacto, o impulso durante a execução do chute diminuiu em 0,36 desvio-padrão. Apenas a trajetória da variável

ângulo mínimo do joelho (EP=0,48, RC=-1,09; $p=0,27$) não se revelou estatisticamente significativa.



Nota: --- coeficiente de regressão não significativo ($p>0,05$).

Figura 3. Influência das variáveis cinemáticas sobre o impulso do chute giro dorsal no Karatê.

Discussão

A partir da revisão de literatura empreendida, este é um estudo de relevância no cenário científico nacional, visto que analisou a influência das variáveis cinemáticas sobre o desempenho (velocidade máxima do pé e impulso) do chute giro dorsal de atletas de karatê de alto rendimento. De uma forma geral, os achados do presente estudo apontam que as variáveis cinemáticas explicam significativamente a velocidade e o impulso do pé durante o chute giro dorsal no Karatê (Figuras 2 e 3). Tais resultados confirmam a importância da biomecânica na correta execução dos movimentos esportivos e no aperfeiçoamento de aspectos determinantes do desempenho esportivo²⁴.

A busca na literatura permite apontar que a descrição cinemática do movimento tem sido a estratégia metodológica mais utilizada na análise dos parâmetros biomecânicos do chute em diferentes modalidades esportivas^{2,25,26}. De acordo com Amadio e Serrão⁴, a cinemática possui importante papel no entendimento dos mecanismos que regem a execução e precisão do chute, levando a um ótimo desempenho.

Neste trabalho a velocidade do pé é considerada como um índice significativo no desempenho do chute dorsal, assim quanto maior é a velocidade do pé, melhor é

o desempenho do chute. Ao analisar este índice de desempenho, observa-se que certas variáveis cinemáticas relacionadas ao joelho, como ângulo mínimo, ângulo no momento do impacto e a amplitude, são fatores determinantes na velocidade máxima do pé ao executar o chute (Figura 2). A influência destas variáveis cinemáticas alcança valores de 61% sobre o índice de desempenho considerado. Esta observação evidencia que quanto maior é a amplitude do joelho, maior será a velocidade do pé^{15,27,28} e, conseqüentemente, melhor será o desempenho do chute dorsal dos atletas. As evidências observadas no presente trabalho corroboram as investigações que analisaram a importância das variáveis cinemáticas para o chute^{4,10,29} e ressaltam a importância do trabalho biomecânico para a otimização do desempenho no esporte. Especificamente, percebeu-se que a variável com principal predição sobre a velocidade máxima do pé foi o ângulo do joelho no momento do impacto (CF=0,52), indicando que o momento do impacto é crucial para um desempenho ótimo, além do que a correção da angulação dos movimentos do Karatê por meio da biomecânica é fundamental para movimentos precisos e bem executados². Já o ângulo mínimo do joelho apresentou efeito médio (CF=0,32) sobre a velocidade do pé, indicando que a angulação mínima do joelho durante o

chute também é um elemento interveniente para o movimento perfeito.

Resultados semelhantes foram encontrados por Kim, Kim e Im¹³, que investigaram a cinemática articular da perna dominante do chute no *Taekwondo* e o papel do ângulo articular no desempenho da velocidade do chute, verificando que a velocidade do chute depende principalmente de flexão/extensão e articulações do joelho. Robertson *et al.*³⁰ analisaram a cinemática do chute no futebol e verificaram que a ação excêntrica dos músculos flexores de joelho (isquiotibiais) reduz a velocidade angular dessa articulação momentos antes do contato com a bola, com o objetivo de reduzir a possível hiperextensão do joelho devido à velocidade com que o joelho é estendido, indo de encontro com os achados da presente pesquisa que identificou que quanto maior a angulação e amplitude do joelho, maior será a velocidade do pé do karateca. No entanto, tal diferença pode estar relacionada à especificidade da modalidade, uma vez que o futebol e o karatê são esportes com diferentes características técnicas, visto que o chute em artes marciais não tem corrida de aproximação, e não tem nenhum acompanhamento³¹. Além disso, Silva³² ressalta que uma explicação para a diferença na cinemática do chute em atletas de diferentes modalidades esportivas pode ser devido a relação direta entre os músculos agonistas e antagonistas envolvidos na extensão da articulação do joelho, visto que em cada modalidade a articulação do joelho atinge diferentes extensões e amplitudes ao atingir o alvo.

Ao analisar o efeito das variáveis cinemáticas sobre o impulso (Figura 3), observou-se que o ângulo do joelho no impacto, o ângulo mínimo do joelho, a velocidade máxima do pé e a velocidade do pé no momento do impacto com o alvo instrumentalizado apresentaram influência de 32% (moderado) sobre o impulso dos atletas durante a execução do chute. Tal achado evidencia a importância das variáveis cinemáticas para o chute no karatê, visto que por ser realizado a partir de uma posição estacionária, ou seja, sem que houvesse corrida de aproximação, sem acompanhamento, bem como, o alvo e a superfície de contato serem diferentes³¹,

um impacto de 32% da angulação do joelho e da velocidade do pé pode ser considerado um diferencial para um chute bem sucedido¹³. Especificamente, percebeu-se que o ângulo do joelho no momento do impacto ($CF=0,40$) e a velocidade máxima do pé ($CF=0,34$) têm uma relação positiva e moderada com o impulso do chute, tornando-o mais forte para a execução. Fracarolli³³ enfatiza que o ângulo do joelho é de fundamental importância na realização de um chute, podendo indicar uma estratégia para proporcionar uma melhor transferência de energia entre as articulações do joelho e tornozelo^{33,34}.

Por outro lado, a velocidade do pé no momento do impacto ($CF=-0,36$) apresentou relação negativa com o impulso do chute, evidenciando que quanto menor a velocidade do pé no contato com o alvo, mais forte será o impulso total na execução do chute giro dorsal. Tal resultado vai de encontro com as evidências estabelecidas na literatura^{35,36}, as quais apontam que a velocidade no momento do impacto de um chute é fator determinante para uma execução perfeita, como pode ser visto em estudo de Silva *et al.*³⁶ onde observou que a velocidade mantém-se próxima a zero nos últimos 30% do golpe, resultado que ainda pode estar relacionado às características antropométricas dos atletas, visto que durante a execução do chute o comprimento do membro inferior e a massa corporal possuem grande influência sobre o desempenho¹⁸. Ressalta-se que parece existir um “valor ótimo” relacionado à massa corporal que permite a obtenção de melhor desempenho no impulso do chute, sendo que ao ultrapassar este valor “ótimo” a massa pode atuar negativamente sobre a velocidade do pé no momento do impacto¹⁸ e, consequentemente, na execução do impulso do chute giro dorsal do Karatê.

Apesar das importantes evidências apresentadas sobre a importância das variáveis cinemáticas para o desempenho do chute giro dorsal no karatê, o presente estudo possui algumas limitações que devem ser levadas em consideração. Primeiramente, em relação à abrangência do estudo que esteve restrito a atletas de Curitiba-PR, impossibilitando a generalização dos resultados obtidos para o contexto brasileiro. No entanto,

foram avaliados atletas de alto rendimento e que participam de competições nacionais da modalidade, evidenciando assim a relevância dos achados desta pesquisa. Outra limitação está relacionada ao limitado tamanho da amostra para a análise de regressão, o que dificulta o encontro de resultados significativos, além de aumentar as chances de erro tipo I. Contudo, os pesquisadores seguiram todos os procedimentos metodológicos e estatísticos recomendados pela literatura para evitar tais vieses. Por último, é importante destacar que existem outras variáveis cinemáticas que podem influenciar o desempenho do chute, entretanto, a angulação do joelho tem sido apontada na literatura como uma das principais variáveis intervenientes neste processo. Diante disso, futuras pesquisas devem analisar outras variáveis cinemáticas intervenientes no chute no karatê, além do que atletas de outras regiões do país devem ser avaliados para que maiores evidências sejam encontradas. Além disso, novas investigações devem replicar as análises do presente estudo com amostras maiores a fim de encontrarem resultados mais significativos.

Conclusões

Concluiu-se que as variáveis cinemáticas são elementos determinantes para a maior velocidade e impulso do atleta durante a execução do chute giro dorsal no karatê, evidenciando a importância de movimentos com grande angulação e amplitude para o alcance do melhor desempenho. Além disso, a angulação do joelho no momento do impacto e a velocidade máxima do pé são elementos intervenientes para o impulso durante a execução do movimento. Diante disso, o presente estudo possui relevantes implicações práticas para treinadores e atletas, destacando-se a necessidade de treinadores

estarem atentos principalmente aos movimentos do joelho e velocidade do pé dos atletas para que a execução do chute e de outros golpes do karatê seja executada da forma mais precisa e eficiente.

Referências

1. Gould D, Carson S. Fun & Games?: Myths Surrounding the Role of Youth Sports in Developing Olympic Champions. *J Youth Studies Aus.* 2004;23(1):19-26.
2. Pozo J, Bastien G, Dierick F. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: Comparison of national and international standard karate athletes. *J Sport Sci.* 2011;29(14):1553-1561.
3. Vences Brito AM, Branco MAC, Fernandes RMC, Ferreira MAR, Fernandes OJSM, Figueiredo AAA, Branco G. Characterization of kinesiological patterns of the frontal kick, mae-geri, in karate experts and non-karate practitioners. *RAMA.* 2014;1(9):722-734.
4. Amadio AC, Serrão JC. Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. *Rev. bras. edu. fis. esporte.* 2007;21:61-85.
5. Soares STM. Trabalho preventivo para lesões de ombro e cintura escapular em atletas amadores de judô. *Rev Bras Ciên Mov.* 2003;11(1):29-34.
6. Zahran AS, ElSeoufy AAM. Biomechanic's Determinants of the Trunk Front Semi-Circular Kick (Dollyo Chagi) in Tae-Kwon-Do. *World J Sport Sci.* 2010;3:921-929.
7. Frosi TO, Mazo JZ. Repensando a história do karatê contada no Brasil. *Rev. bras. edu. fis. esporte.* 2011;25(2):297-312.
8. Oliveira EC. Apostila da Associação de Artes Marciais Shubu Dô-Ryu: Curitiba; 1982.
9. Zehr EP, Sale DG, Dowling JJ. Ballistic movement performance in karate athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(10):1366-1373.
10. Piemontez GR, Martins ACV, Melo SIL, Ferreira L, Reis NF. Kinematics of semicircular kick in karate: comparison between phases of attack and return. *Rev Edu Fís/UEM.* 2013;24(1):51-59.
11. Falco C, Estevan I, Vieten M. Kinematical analysis of five different kicks in taekwondo. *Port J Sport Sci.* 2011;11(2):219-22.
12. Boye LW, Xie W. Experimental investigation of turning kick performance of singapore national taekwondo players. 20 International Symposium on Biomechanics in Sports; 2002; Cáceres- Extremadur - Spain. 302-305.
13. Kim YK, Kim YH, Im SJ. Inter-joint coordination in producing kicking velocity of Taekwondo kicks. *J Sport Sci Med.* 2011;10(1):31-38.
14. O'Sullivan D, Chung C, Lee K, Kim E, Kang S, Kim T, et al. Measurement and comparison of Taekwondo and Yongmudo turning kick impact force for two target heights. *J Sport Sci Med.* 2009;8(CSSI-3):13-6.
15. Estevan 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. *J Strength Cond Res.* 2011;25(10):2851-2856.
16. Falco C, Alvarez O, Castillo I, Estevan I, Martos J, Mugarra F, et al. Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. *J Biomech.* 2009;42(3):242-248.
17. Piemontez GR. (2012). Cinemática do chute semicircular do karatê em relação às variáveis antropométricas: comparações entre as fases de ataque e retorno. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis. 2012.
18. Ferreira L, Martins ACV, Piemontez GR, Domenech SC, Gevaerd MdS, Campos AAB, et al. Influência das características antropométricas sobre a cinética e cinemática do chute giro dorsal do karatê. *Rev Edu Fís/Uem.* 2014; 25(1): 33-43.
19. Vieiro FT. Análise cinética do soco no karatê em postura natural e avançada. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis. 2012.
20. B.V. XT. Xsens is registered trademark of Xsens Technologies B.V. 2010. p. 126.
21. Knokeczynski GT, Mundfrom D. Sample sizes when using multiple linear regression for prediction. *Educational Psychol Measurement.* 2008;68(3):431-42.
22. Marôco J. Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software & aplicações: Report Number, Lda; 2010.
23. Kline RB. Principles and practice of structural equation modeling: Guilford press; 2011.
24. Bartlett R. Movement Variability and its Implications for Sports Scientists and Practitioners: An Overview. *Int J Sports Sci Sci Coach.* 2008. p. 113-24.

25. Alcock AM, Gilleard W, Hunter AB, Baker J, Brown N. Curve and instep kick kinematics in elite female footballers. *J Sport Sci.* 2012;30(4):387-394.
26. Bercades LT, Pieter W. A biomechanical analysis of the modified taekwondo axe kick. *J Asian Martial Arts.* 2007;2(1):28-39.
27. Vecchio FBD. Efeitos de diferentes protocolos de treinamento no tempo para executar chute no taekwondo. *Arquivos Cie Esp.* 2013;1(1): 37-45.
28. Nishimaru RA, Arca MA. A pliometria no aprimoramento do chute do karate. *Rev Eletrônica Educ Ciência.* 2013;3(2):29-33.
29. Barbieri FA, Santiago PR, Gobbi LT, Cunha SA. Análise cinemática da variabilidade do membro de suporte dominante e não dominante durante o chute no futsal. *Rev Portuguesa Ciências Desporto.* 2008;8(1):68-76.
30. Robertson G, Mosher RE, editors. Work and power of the leg muscles in soccer kicking. 9th Congress of the International Society of Biomechanics,; 1985: Humans Kinetics Publishers.
31. Saxby D, Gordon D, Roberston E, editors. 3D inverse dynamics analysis of martial arts circular kick. 2009.
32. Silva VF. Análise biomecânica do chute ap bal ap dolio tchagui do tae-kwon-do. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação da Universidade São Judas Tadeu. São Paulo. 2009.
33. Fraccaroli JL. Biomecânica: análise dos movimentos: Cultura Medica; 1981.
34. Ackermann M. Sistema de acionamento e travamento para flexão mecanizada de joelho em órteses de membros inferiores. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.
35. Pearson J. Kinematics and kinetics of the taekwondo turning kick. Dissertation (Master). New Zealand: University of Otago; 1997.
36. Da Silva VF, Araújo RC, Mochizuki L, Ervilha UF. Cinemática bidimensional do pé durante o chute ap bal ap dolio tchagui do tae-kwon-do. *Brazilian J Biomech.* 2013;13(25):49-55.