

CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS NO TAEKWONDO ANAEROBIC INTERMITTENT KICK TEST: UM ESTUDO PILOTORaul Cardoso Würdig¹, Rousseau Silva da Veiga¹, Fabrício Boscolo Del Vecchio¹**RESUMO**

Introdução e objetivo: A potência anaeróbia é um dos principais fatores de diferenciação em atletas de diferentes níveis no taekwondo, sendo relacionada com o sucesso em competições de nível internacional. O objetivo do presente estudo foi estimar a contribuição dos sistemas energéticos no Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test (TAIKT). Materiais e métodos: 5 atletas de taekwondo do sexo masculino ($16,6 \pm 1,8$ anos; $170,1 \pm 9,1$ cm de estatura e massa corporal de $70,2 \pm 19,5$ kg) executaram o TAIKT e os dados de consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguínea, percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca foram coletados durante ele. O TAIKT consistiu em 6 rodadas de 5s do chute Bandal-Tchagui alternadas por 10s de descanso ativo (bouncing), e forneceu dados de potência pico absoluta e relativa, bem como potência média absoluta e relativa. A análise da contribuição energética foi feita utilizando o software GedaeLAB, que utiliza o consumo de oxigênio da sessão bem como medidas de lactato sanguíneo para estimar a contribuição do sistema aeróbio (AER), anaeróbio láctico (LAT) e anaeróbio alático (AL). Resultados: As respectivas contribuições dos sistemas no TAIKT foram: $AER=29,68 \pm 6,49$; $LAT= 22,84 \pm 3,37$ e $AL = 47,48 \pm 9,36$, totalizando cerca de 70,1% de contribuição anaeróbia durante o teste. Conclusão: existe predominância de contribuição do sistema anaeróbio no fornecimento de energia durante a execução do TAIKT, caracterizando-o como um teste anaeróbio específico para a modalidade.

Palavras-chave: Tae Kwon Do. Artes Marciais. Potência. Desempenho físico. Estudo de validação.

1 - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, Brasil.

E-mail dos autores:
raulcardosow@hotmail.com
rousseauveiga@gmail.com
fabricioboscolo@gmail.com

ABSTRACT

Contribution of energy systems in taekwondo anaerobic intermittent kick test: a pilot study

Introduction and objective: Anaerobic power is one of the main differentiating factors in athletes of different levels in taekwondo, being related to success in international level competitions. The aim of the present study was to estimate the contribution of energetic systems in the Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test (TAIKT). Materials and methods: 5 male taekwondo athletes (16.6 ± 1.8 years; 170.1 ± 9.1 cm in height and body mass of 70.2 ± 19.5 kg) performed the TAIKT and data of oxygen consumption, blood lactate concentration, rate of perceived exertion and heart rate were collected during the same. The TAIKT consisted of 6 rounds of 5s of the Bandal-Tchagui kick alternated by 10s of active rest (bouncing), and provided absolute and relative peak power data, as well as absolute and relative average power. The energy contribution analysis was performed using the GedaeLAB software, which uses the session's oxygen consumption as well as blood lactate measurements to estimate the contribution of the aerobic (AER), lactic anaerobic (LAT) and alactic anaerobic (AL) system. Results: The respective contributions of the systems in TAIKT were: $AER=29.68 \pm 6.49$; $LAT= 22.84 \pm 3.37$ and $AL = 47.48 \pm 9.36$, totaling about 70.1% of anaerobic contribution during the test. Conclusion: there is a predominance of contribution of the anaerobic system in the energy supply during the execution of TAIKT, characterizing it as a specific anaerobic test for the modality.

Key words: Tae Kwon Do. Martial arts. Power. Physical performance. Validation study.

Autor correspondente:
Raul Cardoso Würdig
raulcardosow@hotmail.com
Rua Luís de Camões, 625.
Pelotas-RS, Brasil.

INTRODUÇÃO

O Taekwondo (TKD) é uma modalidade esportiva de combate com o objetivo de derrotar o adversário através da pontuação de golpes válidos ou realizando um nocaute técnico (World Taekwondo Federation, 2020).

As lutas têm duração típica de três rounds de 2 min cada, com 1 min de intervalo entre eles (World Taekwondo Federation, 2020).

Embora o sistema oxidativo de fornecimento de energia seja predominante em uma luta de TKD, com aproximadamente 66% da contribuição total, as ações de defesa e golpes velozes são realizados em alta intensidade e com participação majoritária do sistema anaeróbio (Campos e colaboradores., 2012).

Ao analisar o que diferenciava atletas de TKD do sexo feminino de diferentes níveis de competição, estudo prévio concluiu que a performance na modalidade depende de potência anaeróbia, potência aeróbia, potência muscular, expressa pelo ciclo alongamento-encurtamento e agilidade (Marković, Misigoj-Duraković, Trninić, 2005).

Evidencia-se, assim, a relevância do componente anaeróbio na modalidade, e que há relação entre ele e sucesso em competições internacionais (Bridge e colaboradores, 2014; Ghorbanzadeh e colaboradores, 2011; Marković, Misigoj-Duraković, Trninić, 2005).

O sistema anaeróbio de fornecimento de energia é dividido em alático e láctico, sendo o primeiro formado pela via imediata ATP-CP e, o segundo, pela glicólise anaeróbia (Gastin, 2001).

Especificamente, a potência anaeróbia pode ser definida pela máxima quantidade de energia fornecida por esse sistema em unidade de tempo, enquanto a capacidade anaeróbia pode ser definida pela quantidade total de energia disponível neste sistema (Franchini, 2002).

O sistema anaeróbio é predominante no fornecimento de energia de exercícios contínuos de alta intensidade com até 60 s de duração, sendo que, a partir de 75 s já se tem predomínio aeróbio (Gastin, 2001).

Dentre os procedimentos para a avaliação do componente anaeróbio com atletas de TKD, emprega-se o Teste de Wingate (WINGT), no qual se realiza esforço máximo por 30 s em cicloergômetro em intensidade máxima (Bridge e colaboradores,

2014; Lin e colaboradores, 2006), e uma adaptação do mesmo, que consiste em 30 s de chute em máxima intensidade (Rocha e colaboradores, 2016).

No entanto, ambos os procedimentos são compostos por esforços contínuos e apresentam baixa especificidade se a temporalidade da modalidade for considerada.

Recentemente, foi proposto o Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test (TAIKT), cuja idealização foi baseada no Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST), e consiste em 6 blocos de 5 s de esforço all-out aplicando o chute Bandal-Tchagui, com 10 s de intervalo entre eles, alternando a perna de chute a cada bloco (Coeficiente de Correlação Intraclasse $\approx 0,98$) (Tayech e colaboradores, 2019).

O TAIKT pode ser usado para quantificar o perfil anaeróbio dos atletas e auxiliar no processo de monitoramento da performance anaeróbia dos mesmos dentro do processo de preparação física (Tayech e colaboradores, 2019).

A alta correlação entre o desempenho no TAIKT em relação ao RAST pode sugerir contribuição energética semelhante para os mesmos: 37,8% via aeróbia oxidativa, 33,9% via glicolítica e 28,3% da via imediata ATP-CP (Milioni e colaboradores, 2017).

Embora o desempenho no TAIKT já tenha sido comparado com o WINGT, e apresentado boa correlação com o mesmo em diversas variáveis (Tayech e colaboradores, 2020), até o presente momento não se mensurou a contribuição dos sistemas energéticos neste teste.

Visto isto, compreender a contribuição energética no TAIKT pode fornecer subsídios relevantes à tomada de decisão referente ao seu uso e empregabilidade como um modo de monitoramento da carga de treino e de ajustes específicos à preparação física de lutadores de taekwondo.

Portanto, o objetivo deste estudo foi estimar a contribuição energética no TAIKT.

A nossa hipótese era de que a contribuição dos sistemas energéticos no TAIKT seria predominantemente anaeróbia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Para o desenvolvimento deste trabalho, participaram 5 jovens atletas de taekwondo do

sexo masculino com $16,6 \pm 1,8$ anos de idade, $170,1 \pm 9,1$ cm de estatura e massa corporal de $70,2 \pm 19,5$ kg.

Critérios de inclusão: ter experiência mínima de 1 ano na modalidade; já ter participado de competições; treinar regularmente pelo menos 2 vezes por semana; e não fazer uso de recursos ergogênicos. Foram excluídos aqueles que estavam em processo de recuperação de lesão.

Ressalta-se que todos os participantes leram e assinaram o termo de assentimento livre e esclarecido, bem como seus responsáveis, que leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Ainda, destaca-se que o presente estudo contou com aprovação prévia do Comitê de Ética e Pesquisa da ESEF/UFPEL (CAAE: 50889715.9.0000.5313).

Abordagem experimental ao problema

Para estimar a contribuição dos sistemas energéticos no TAIKT foram realizadas duas sessões experimentais.

Inicialmente, na primeira sessão, os participantes passaram por avaliação antropométrica (estatura e massa corporal), medidas de altura e distância do chute Bandal-Tchagui, além de familiarização com o teste.

Na segunda sessão, que ocorreu uma semana após a primeira, os atletas executaram o TAIKT. A estimativa da contribuição dos sistemas energéticos no teste foi analisada no software GedaeLAB, utilizando os dados de consumo de oxigênio e as concentrações de lactato sanguíneo coletados na sessão.

Os participantes foram instruídos a manterem suas rotinas regulares de sono e de alimentação, abstendo-se de exercício vigoroso nas 24 h antecedentes ao teste.

Procedimentos

Este foi um estudo transversal descritivo, onde foram consideradas como variáveis dependentes todas aquelas que eram ligadas às medidas de desempenho físico do TAIKT e aquelas relacionadas aos sistemas de contribuição energética.

As variáveis psicofisiológicas relacionadas ao TAIKT que foram coletadas foram concentração de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.

Antes da realização do teste todos os atletas realizaram um aquecimento padronizado, que consistiu de 5 min de pedalada em cicloergômetro em intensidade leve (8-10 na escala 6-20 de Borg) (Borg, 1982); 3 séries de 20 repetições alternadas do chute Ap-Tchagui; e 3 séries de 20 repetições alternadas do chute Bandal-Tchagui, totalizando cerca de 15 min de aquecimento.

Estatura e massa corporal

A medida de massa corporal foi feita com balança de plataforma (Filizolla®), com precisão de 0,1 kg. Os valores referentes à estatura dos participantes foram obtidos por meio de estadiômetro (Filizolla®, Brasil) com precisão de 0,1 cm.

Para a aferição da estatura eles se posicionaram em pé, com os calcanhares, quadril e escápulas apoiados no suporte do estadiômetro e realizaram uma inspiração profunda no momento da medida.

Altura e distância do chute Bandal-Tchagui

Com a medição da largura (x) e da altura (y) final do pé ao contactar o saco de pancadas, determinamos distância que o pé do atleta percorria a cada chute (d) através do teorema de Pitágoras ($d = \pm\sqrt{x^2 + y^2}$), de acordo com instruções de Tayech e colaboradores (2019).

Onde:

d (m): distância total que o pé percorre a cada chute (diagonal).

x (m): distância entre o pé de apoio e a projeção vertical do ponto de contato do pé de chute no saco de pancadas. A distância foi definida após os atletas realizarem algumas repetições (cerca de 5) do Bandal-Tchagui (eixo horizontal).

y (m): altura do ponto de contato do pé no saco de pancadas em relação ao solo (eixo vertical).

Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test

O TAIKT consiste em 6 blocos de 5 s do chute Bandal-Tchagui, alternados por 10 s de descanso ativo (bouncing). O teste foi gravado (Smartphone, Motorola, Moto G 2) e o número de chutes realizados pelos atletas em cada série foi contabilizado a partir de análise de vídeo (gravado em 720p, 30 fps).

Para cada atleta, foi demarcada uma linha com fita no chão (limite do pé de apoio) e um colete foi posicionado num saco de pancadas na altura de chute definida na primeira sessão (ver parágrafo anterior). Todos os atletas foram incentivados verbalmente a se esforçarem ao máximo no teste. A potência gerada por cada série de chutes foi calculada através da equação a seguir:

$$P = \frac{MMI \cdot (d \cdot N)^2}{5^3}$$

Onde:

P (Watts): potência da rodada de chutes;

d (m): distância que o pé percorre a cada chute;

N: número de chutes obtidos na rodada;

5 (s): tempo de execução de cada rodada de chutes;

MMI (kg): massa do membro inferior;

Com a obtenção da potência de cada rodada foi possível calcular a potência pico absoluta e relativa (PP e PPr; em Watts e Watts·kg^{-0,67}, respectivamente) *, bem como potência média absoluta e relativa (PM e PMr; em Watts e Watts·kg⁻⁶⁷) (Tayech e colaboradores, 2019).

Além disso, o índice de fadiga (IF) foi calculado por: (PP-potência mínima) /duração total do teste (30s).

* A escala alométrica foi utilizada para relativizar as potências nos trabalhos prévios do TAIKT (Tayech e colaboradores, 2019, 2020), e para fins de comparação também foi utilizada neste trabalho. Foi sugerido que esta escala pode ser mais adequada para comparar a performance quando esta é baseada nas dimensões corporais, como a massa corporal (Thompson, 2013).

Massa do membro inferior

A MMI foi estimada baseada na equação de Plagenhoef (Plagenhoef, Evans, Abdelnour, 1983):

MMI

$$= \frac{((\text{Porcentagem da coxa} + \text{perna} + \text{pé}) \cdot \text{massa corporal})}{100}$$

Onde, para homens:

Porcentagem da coxa (kg) = 10,50 · massa corporal;

Porcentagem da perna (kg) = 4,75 · massa corporal;

Porcentagem do pé (kg) = 1,43 · massa corporal.

Análise da contribuição energética

A análise da contribuição energética foi feita utilizando o software GedaeLAB (Bertuzzi e colaboradores, 2016).

A contribuição energética do sistema aeróbio (AER) foi verificada através da diferença entre consumo de VO₂ em repouso e do consumo de VO₂ em esforço durante o TAIKT (cerca de 80 s). Para tal, foi utilizado o analisador de gás auto-calibrável VO2000 (INBRAMED, Porto Alegre, Brasil) no modo high flow, com registro do valor médio a cada três ventilações.

O tratamento dos dados foi feito em conjunto com o software Breeze (Medgraphics™, Minnesota, USA). A contribuição do sistema anaeróbio láctico (LAT) foi estimada usando o gasto de oxigênio equivalente ao acúmulo de lactato ([LAC]), considerando que o valor de 1 mmol/L de [LAC] é equivalente a 3 ml·O₂/kg (Bertuzzi e colaboradores, 2016), sendo calculado através da diferença do pico de [LAC] ([LAC]_{PICO}) e o [LAC] pré-TAIKT (obtido após 5 min de repouso sentado). A [LAC]_{PICO} foi considerada como a maior medida entre os valores obtidos imediatamente após o término do teste, 3, 5 e 7 min após (Bertuzzi e colaboradores, 2016).

A estimativa da contribuição do sistema anaeróbio alático (AL) foi realizada através da medição do excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) medida durante 7 min após o término do exercício (Bertuzzi e colaboradores, 2016). Os dados da contribuição energética são apresentados de modo absoluto, em litros de O₂ e em kJ, e de modo relativo (%).

Lactato

Para as medidas de [LAC], 15 µL de sangue foram coletados por punção na ponta do dedo, previamente esterilizada com álcool 70%, usando luvas de procedimento e lancetas descartáveis (Softclick®), que foram transportados para um tubo de Eppendorf contendo 30 µL de ácido etilenodiamina tetraacético (EDTA). As amostras foram lidas no analisador de lactato eletro-enzimático YSI 2300 (Yellow Springs, Ohio, EUA).

Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e Frequência Cardíaca

Imediatamente após o término do teste, foi coletada a PSE dos atletas na escala 6-20, quando os atletas deveriam responder de forma intuitiva, olhando para a tabela, qual havia sido a percepção de esforço durante o teste (Borg, 1982).

—Ao longo de todo o TAIKT, ocorreu mensuração e gravação da frequência cardíaca com o monitor cardíaco RS800CX (Polar®, Kempele, Finlândia) conectado à uma fita torácica, seguindo recomendações prévias (Veiga e colaboradores, 2020).

A frequência cardíaca máxima predita (FC_{MAX}) foi estimada pela equação de Tanaka (Tanaka, Monahan, Seals, 2001), onde: $FC_{MAX} = 208 - 0,7 \cdot \text{idade}$. Apresentam-se os dados de FC pico absoluta (bpm) e relativa ($\%FC_{MAX}$) no TAIKT.

Análise estatística

Os dados coletados foram tabulados utilizando o software Excel®. As análises estatísticas foram feitas com o software SPSS®. Os dados descritivos foram apresentados com média, desvio-padrão e intervalo de confiança de 95%.

A contribuição dos sistemas energéticos foi comparada utilizando ANOVA

one-way, com post-hoc de Tukey. O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para averiguar a correlação da contribuição dos sistemas energéticos com as medidas de desempenho obtidas no TAIKT.

Os coeficientes de correlação foram classificados como triviais (<0,09), pequenos (0,1–0,29), moderados (0,3–0,49), grandes (0,5–0,69), muito grandes (0,7–0,89) ou quase perfeitos (> 0,9) (Hopkins e colaboradores, 2009).

RESULTADOS

Quanto ao desempenho no TAIKT, os dados descritivos são apresentados na tabela 1. —A $[LAC]_{PICO}$ obtida pelos participantes após o teste foi de $9,7 \pm 1,6$ mmol/L; a PSE observada imediatamente após o término do teste foi de $14,4 \pm 2,0$ u.a. e a FC_{PICO} verificada foi de $186,7 \pm 13,7$ bpm, que correspondeu a $93 \pm 8\%$ da FC_{MAX} . A Tabela 2 apresenta os dados referentes à contribuição energética durante o TAIKT.

Nesta, é apresentado que durante o teste aplicado, há uma maior contribuição no fornecimento de energia do sistema alático, seguido de contribuição aeróbia e láctica, respectivamente.

A Tabela 3 reposta dados acerca da correlação dos sistemas energéticos e as variáveis de desempenho físico medidas durante o TAIKT.

Tabela 1 - Descrição da produção de potência dos atletas no TAIKT (n = 5).

Variáveis	Média ± dp	IC 95%
PP (W)	21,35 ± 6,34	12,53 – 30,15
PPr ($W \cdot kg^{-0,67}$)	0,45 ± 0,08	0,34 – 0,56
PM (W)	18,88 ± 5,11	11,78 – 25,97
PMr ($W \cdot kg^{-0,67}$)	0,41 ± 0,09	0,28 – 0,52
IF ($W \cdot s^{-1}$)	10,54 ± 6,93	0,5 – 21,58

Legenda: DP = desvio-padrão; PP e PPr são potência pico absoluta (em Watts) e relativa ($Watts \cdot kg^{-0,67}$), respectivamente, obtidas com o TAIKT; PM (em Watts) e PMr ($Watts \cdot kg^{-0,67}$) são potência média absoluta e relativa, respectivamente; IF = índice de fadiga.

Tabela 2 - Contribuição dos sistemas energéticos durante o TAIKT.

Sistemas energéticos	Média ± dp	IC 95%
Contribuição percentual		
Alático (%)	47,48 ± 9,36 ^{ab}	35,86 – 59,09
Lático (%)	22,84 ± 3,37 ^c	18,65 – 27,02
Aeróbio (%)	29,68 ± 6,49 ^c	21,61 – 37,74
Produção de energia		
Alático (KJ)	72,22 ± 24,83 ^a	41,38 – 103,06
Lático (KJ)	34,43 ± 8,71 ^c	23,62 – 45,25
Aeróbio (KJ)	44,31 ± 11,84	26,61 – 59,02
Consumo de oxigênio		
Alático (mLO ₂)	3452,40 ± 1186,95 ^a	1978,59 – 4926,20
Lático (mLO ₂)	1646,2 ± 416,24 ^c	1129,36 – 2163,03
Aeróbio (mLO ₂)	2318 ± 1081,83	1415,58 – 2821,61

Legenda: ^a Diferença estatística do sistema Lático ($p < 0,05$); ^b Diferença estatística do sistema Aeróbio ($p < 0,05$); ^c Diferença estatística do sistema Alático ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre a contribuição dos sistemas energéticos (%) e variáveis de desempenho físico.

Variáveis	LAT	AL	PP	PPr	PM	PMr	PSE	FC _{PICO}	[LAC] _{PICO}	IF
AER	0,779	-0,974**	-0,028	0,497	-0,17	0,401	0,292	0,653	0,544	0,720
LAT	.	-0,901**	0,185	0,866	0,287	0,769	0,176	0,282	0,649	0,743
AL	.	.	-0,047	-0,667	-0,092	-0,555	-0,266	-0,555	-0,611	-0,767
PP	.	.	.	0,501	0,947*	0,294	-0,371	0,496	-0,604	-0,430
PPr	0,671	0,941*	0,250	0,078	0,369	0,326
PM	0,547	-0,106	0,272	-0,435	-0,402
PMr	0,520	-0,265	0,488	0,265
PSE	-0,353	0,492	0,790
FC _{PICO}	-0,223	0,273
[LAC] _{PICO}	0,845

Legenda: AER = contribuição do sistema aeróbio; LAT = contribuição do sistema lático; AL = contribuição do sistema alático; PP e PPr são potência absoluta e relativa, respectivamente; PM são potência média absoluta e relativa, respectivamente; PSE = Percepção subjetiva de esforço; FC_{PICO} = Frequência cardíaca pico; IF = índice de fadiga; * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi estimar o sistema de contribuição energética do TAIKT.

Neste sentido, nossos resultados confirmam a predominância do sistema anaeróbio no fornecimento de energia durante a execução do teste (70,1% de contribuição anaeróbia).

No presente estudo, foi possível identificar que o TAIKT foi predominantemente anaeróbio, com 70,1% da contribuição sendo proveniente deste sistema. Em estudo conduzido acerca do RAST (Miloni e colaboradores, 2017), a medida de contribuição energética foi 62,3% de fontes anaeróbias.

A semelhança entre eles pode se dar pois o TAIKT é uma adaptação do RAST, e ser pensado para gerar grande estresse metabólico por meio de esforços curtos e intermitentes, visando avaliar este componente (Tayech e colaboradores, 2019).

Isso reforça a usabilidade do TAIKT em atletas de TKD, uma vez que este apresenta alta especificidade com a modalidade, elevada reprodutibilidade, boa capacidade de diferenciar atletas de diferentes níveis e é pouco invasivo (Tayech e colaboradores, 2019, 2020).

No estudo de Beneke também foi observada predominância anaeróbia no fornecimento de energia do WINGT (80,4%) (Beneke e colaboradores, 2002).

No entanto, parece que a contribuição do sistema glicolítico tenha sido maior no WINGT (AER=18,6%, LA=50,3% e AL=31,1%, Beneke e colaboradores, 2002) do que no TAIKT (AER=22,84%, LA=29,68% e AL=47,48%) e no RAST (AER=37,8%, LA=33,9% e AL=28,3%, Miloni e colaboradores, 2017).

Embora os três testes acima mencionados tenham duração de esforço similar (~30s), parece que existe uma tendência no aumento da participação glicolítica num esforço contínuo em comparação com esforços intermitentes como no TAIKT e RAST (Beneke e colaboradores, 2002), onde a duração total se dá em cerca de 80-90s e permitem recuperação parcial dos grupamentos musculares envolvidos. Isto poderia inclusive explicar a maior proporção de AER nos testes intermitentes (TAIKT e RAST) em relação ao contínuo WINGT, uma vez que o sistema aeróbio é muito importante na recuperação

entre esforços repetidos em alta intensidade (Buchheit, Laursen, 2013).

Para a confirmação dessas hipóteses seriam necessários estudos que estimassem a contribuição dos sistemas energéticos comparando os três testes mencionados em conjunto.

A $[LAC]_{PICO}$ encontrada em nosso estudo ($9,7 \pm 1,6$ mmol/L) foi semelhante àquela encontrada nas investigações anteriores do TAIKT: 10,62 mmol/L e 10,96 mmol/L (Tayech e colaboradores, 2019, 2020); e a $[LAC]_{PICO}$ no WINGT por atletas de TKD: 11,05 mmol/L e 11,6 mmol/L (Heller e colaboradores, 1998; Tayech e colaboradores, 2020), mas foi consideravelmente menor que os 15,91 mmol/L observada após um teste de 30s de chute adaptado do WINGT (Sant'ana e colaboradores, 2014).

Sendo os esportes de combate caracterizados pela alta demanda glicolítica por conta da sua organização intervalada em alta intensidade (Lopes-Silva, Franchini, 2021), era esperado que o nosso estudo obtivesse valores altos de $[LAC]_{PICO}$ como nos estudos acima mencionados. Em competições ou combates simulados, no entanto, existe uma grande variação de valores de $[LAC]_{PICO}$ reportados, variando entre 2,9 e 12,2 mmol/L (Ouergui e colaboradores, 2014).

Isso poderia ser explicado pela aparente diminuição da contribuição do sistema glicolítico nos combates a medida que os rounds passam, que dá espaço para um aumento da magnitude da contribuição do sistema aeróbio na luta (Lopes-Silva, Franchini, 2021).

Este fenômeno endossa a importância da utilização de testes com duração total de esforço curta (~30s) como o TAIKT para melhor observar a potência e a capacidade do sistema anaeróbio.

Os nossos resultados de potência absoluta (expressa em Watts) obtidas no teste foram maiores que os dados publicados em dois estudos anteriores, que apresentaram PP de $14,63 \pm 6,45$ W e PM de $9,83 \pm 5,13$ W (Tayech e colaboradores, 2019), e PP $14,67 \pm 6,2$ W e PM $9,68 \pm 4,43$ W (Tayech e colaboradores, 2020).

No entanto, verificamos que os estudos previamente citados obtiveram valores mais altos de potência relativa ($Watts \cdot kg^{-0.67}$) do que o nosso (PPr= $0,91 \pm 0,34$ e PMr= $0,61 \pm 0,28$; PPr= $0,91 \pm 0,32$ e PMr= $0,60 \pm 0,24$).

Estes achados podem se dar principalmente por dois motivos: (i) A nossa amostra possuía maior massa corporal média ($70,2 \pm 19,5$ kg) do que os estudos anteriores ($64,11 \pm 7,56$ kg; $64,1 \pm 7,6$ kg), o que favorece o aumento da potência absoluta, uma vez que esta é dependente da massa do membro inferior do atleta; (ii) Os nossos participantes representavam uma amostra de menor nível competitivo (regional), enquanto que nos estudos descritos os atletas eram considerados de elite (nível nacional e internacional).

Nesse sentido, embora estudo prévio tenha encontrado diferenças significantes entre todas as variáveis de potência do teste para atletas de diferentes níveis (Tayech e colaboradores, 2020), nossos resultados sugerem que as potências relativas podem ser um melhor indicador de performance para atletas de menor nível competitivo.

O coeficiente de correlação descreve a força e a direção da associação entre variáveis, que pode ser positiva ou negativa (Schober, Boer, Schwarte, 2018). Em nossos resultados, embora AL tenha sido predominante durante o TAIKT, ela não apresentou correlação significativa com a produção de potência no teste, como poderia ser esperado (Campos e colaboradores, 2012).

Inclusive, a contribuição alática apresentou correlações negativas com as potências relativas, $[LAC]_{PICO}$ e FC_{PICO} (Tabela 3).

Destaca-se, entretanto, que AL também apresentou uma correlação negativa com IF ($r=-0,767$), sugerindo que a maior importância deste sistema é na manutenção da performance durante o teste, embora a interpretação do IF tenha que ser feita com cuidado, uma vez que este não necessariamente representa uma tolerância à fadiga (Bertuzzi e colaboradores, 2015).

Por outro lado, ainda que LAT não tenha sido o sistema predominante no TAIKT, apresentou correlações elevadas com PPR ($r=0,866$) e PMr ($r=0,769$).

No entanto, também observamos que LAT também exibiu correlação elevada com o IF ($r=0,743$), de modo similar ao sistema AER ($r=0,720$), o que pode significar que estes sistemas são menos importantes para a manutenção da performance durante o TAIKT.

Embora se reconheça que correlação não apresente relação de causa-efeito (Schober, Boer, Schwarte, 2018), a performance no teste parece ter sido bastante

dependente de LAT e AL, como sugere a contribuição desses sistemas para o tipo de esforço realizado no TAIKT.

Reconhece-se que a PSE é uma medida válida e simples para avaliar a intensidade de uma sessão de TKD com jovens atletas (Haddad e colaboradores, 2014).

A PSE de $14 \pm 2,0$ obtida por nossos atletas vai ao encontro de outras investigações com o TAIKT (Tayech e colaboradores, 2019, 2020), e com o RAST (Milioni e colaboradores, 2017; Tayech e colaboradores, 2019), que apresentaram PSE próxima a 14 também. A PSE apresentou correlação muito grande com o IF ($r=0,790$) e grande com PMr ($r=0,520$), comportamento este que sugere que os atletas com maior performance também percebem o teste como mais intenso.

A resposta da FC tem sido utilizada como um indicador do estresse cardiorrespiratório provocado pelo combate no TKD (Hausen e colaboradores, 2017).

A modalidade demanda a capacidade de sustentar a execução de movimentos potentes e velozes durante toda a luta, com constante movimentação dos atletas mesmo quando não estão realizando golpes diretos, como no período de bouncing e nos movimentos de defesa/preparação para o ataque (Hausen e colaboradores, 2017).

Por conta desta característica, diversos estudos reportam medidas muito altas ($>85\%$ da FC_{MAX}) de FC_{PICO} em competições e combates simulados (Butios, Tasika, 2007; Campos e colaboradores, 2012; Hausen e colaboradores, 2017; Matsushigue, Hartmann, Franchini, 2009).

Nossos atletas atingiram uma FC_{PICO} de 186,7 bpm (93% da FC_{MAX}), o que demonstra a alta demanda do teste no componente cardiovascular. Nosso resultado corrobora com as investigações anteriores do TAIKT, nas quais as respostas da FC_{PICO} se encontraram na faixa de 188 bpm (Tayech e colaboradores, 2019, 2020).

Estes resultados de FC_{PICO} tão semelhantes àqueles encontrados em competições e simulações de combate são evidências do caráter máximo do teste (Tayech e colaboradores, 2020).

As semelhanças de nossos resultados de FC_{PICO} , $[LAC]_{PICO}$ e PSE com as investigações anteriores do TAIKT demonstram que a execução do teste foi válida, muito embora tenham sido encontradas diferenças nos valores de potência – provavelmente

derivadas das diferenças entre os participantes dos estudos.

De modo amplo, o presente estudo indica que o TAIKT, com duração de 90 segundos, apresenta contribuição anaeróbia próxima a 70% (alática de $47,48 \pm 9,36$ % e láctica de $22,84 \pm 3,37$ %) e aeróbia de $29,68 \pm 6,49$ %.

Com efeito, levanta-se a possibilidade da utilização do TAIKT como método de treino, dada a natureza intermitente do taekwondo.

O desenvolvimento do perfil anaeróbio de atletas de combate se beneficia de métodos de treino que simulem ou representem os gestos específicos e a temporalidade da modalidade (Lopes-Silva, Franchini, 2021).

Destaca-se que o modelo de esforço do TAIKT já foi utilizado na preparação física de atletas de taekwondo, gerando aumento do condicionamento cardiorrespiratório, da agilidade em teste específico e da capacidade de realizar chutes num teste 10s e de 50s totais de esforço, que poderia ser entendido como aumento da performance anaeróbia (Ouerqui e colaboradores., 2020).

No entanto, o trabalho em questão não fez uso de um teste específico e validado para avaliar a capacidade anaeróbia dos atletas, o que poderia ter evidenciado melhor sua utilização para este fim.

Por sua vez, os atletas de wrestling que incluíram séries do RAST na sua rotina de treinamento obtiveram ganhos de potência pico e média em quatro repetições do WINGT (Farzad e colaboradores, 2011).

Além disso, considerando que uma meta-análise recente concluiu que o high-intensity interval training (HIIT) pode ser uma estratégia eficiente para melhora da aptidão anaeróbia de atletas de modalidades de combate (Vasconcelos e colaboradros, 2020), e que o modelo de esforço do TAIKT é um tipo de HIIT categorizado como repeated sprint training (RST) (Buchheit, Laursen, 2013), é razoável sugerir que esse modelo de esforço seja adequado para ganho de performance no componente anaeróbio em atletas de combate, como o taekwondo.

Quanto às limitações deste estudo, destacamos que a nossa amostra foi composta apenas de atletas adolescentes e, visto que a aptidão anaeróbia ainda não está plenamente desenvolvida nessa população (Tourinho Filho, Tourinho, 1998), são necessários estudos que avaliem a distribuição dos sistemas energéticos com uma população adulta também. Além

disso, participaram deste estudo apenas atletas do sexo masculino.

Ademais, futuras investigações com uma amostra maior são bem-vindas para melhor compreendermos a interação entre as contribuições dos sistemas energéticos e o desempenho neste teste.

CONCLUSÃO

O TAIKT é um teste anaeróbio de fácil aplicação que apresenta alta especificidade com a modalidade por conta da sua característica intermitente e a utilização do chute Bandal-Tchagui na sua execução.

A predominância do sistema anaeróbio na execução do TAIKT reforça a empregabilidade deste teste no processo de controle e monitoramento do componente anaeróbio em atletas de taekwondo, contribuindo com ajustes e melhora do treinamento específico da modalidade.

REFERÊNCIAS

- 1-Beneke, R.; Pollmann, C.; Bleif, I.; Leith, R.; H, M. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 87. Núm. 4-5. p.388-392. 2002.
- 2-Bertuzzi, R.; Kiss, M. A. P. D. M.; Damasceno, M.; Oliveira, R. S. F.; Lima-Silva, A. E. Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second Wingate test. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. Vol. 48. Núm. 3. p. 261-266. 2015.
- 3-Bertuzzi, R.; Melegati, J.; Bueno, S.; Ghiarone, T.; Pasqua, L. A.; Gáspari, A. F.; Lima-Silva, A. E.; Goldman, A. GEDAE-LaB: A Free Software to Calculate the Energy System Contributions during Exercise. *Plos One*. Vol. 11. Núm. 1. p. e0145733. 2016.
- 4-Borg, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 14. Núm. 5. p. 377-381. 1982.
- 5-Bridge, C. A.; Ferreira da Silva Santos, J.; Chaabène, H.; Pieter, W.; Franchini, E. Physical and Physiological Profiles of Taekwondo Athletes. *Sports Medicine*. Vol. 44. Núm. 6. p. 713-733. 2014.

- 6-Buchheit, M.; Laursen, P. B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle: Part I: Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Medicine*. Vol. 43. Núm. 5. p. 313-338. 2013.
- 7-Butios, S.; Tasika, N. Changes in heart rate and blood lactate concentration as intensity parameters during simulated Taekwondo competition. *J Sports Med Phys Fitness*. Vol. 47. Núm. 2. p. 179-185. 2007.
- 8-Campos, F. A. D.; Bertuzzi, R.; Dourado, A. C.; Santos, V. G. F.; Franchini, E. Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 112. Núm. 4. p.1221-1228. 2012.
- 9-Farзад, B.; Gharakhanlou, R.; Agha-Alinejad, H.; Curby, D. G.; Bayati, M.; Bahraminejad, M.; Mäestu, J. Physiological and Performance Changes From The Addition of a Sprint Interval Program to Wrestling Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 25. Núm. 9. p. 2392-2399. 2011.
- 10-Franchini, E. Teste anaeróbio de Wingate: conceitos e aplicações. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*. Núm. 1. p. 11-27. 2002.
- 11-Gastin, P. B. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise: *Sports Medicine*. Vol. 31. Núm. 10. p. 725-741. 2001.
- 12-Ghorbanzadeh, B.; Mänäroälu, S.; Akalan, C.; Khodadadi, M.; Käräzci, S.; Sahän, M. Determination of Taekwondo National Team Selection Criteria by Measuring Physical and Physiological Parameters. *Annals of Biological Research*. Vol. 2. p. 184-197. 2011.
- 13-Haddad, M.; Chaouachi, A.; Wong, D. P.; Castagna, C.; Hue, O.; Impellizzeri, F. M.; Chamari, K. Influence of exercise intensity and duration on perceived exertion in adolescent Taekwondo athletes. *European Journal of Sport Science*. Vol. 14. Núm. sup1. p. 275-281. 2014.
- 14-Hausen, M.; Soares, P. P.; Araújo, M. P.; Porto, F.; Franchini, E.; Bridge, C. A.; Gurgel, J. Physiological responses and external validity of a new setting for taekwondo combat simulation. *Plos One*. Vol. 12. Núm. 2. p. e0171553. 2017.
- 15-Heller, J.; Peric, T.; Dlouha, R.; Kohlikova, E.; Melichna, J.; Novakova, H. Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 16. Núm. 3. p. 243-249. 1998.
- 16-Hopkins, W. G.; Marshall, S. W.; Batterham, A. M.; Hanin, J. Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 41. Núm. 1. p. 3-13. 2009.
- 17-Lin, W.-L.; Yen, K.-T.; Lu, C.-Y. D.; Huang, Y.-H.; Chang, C.-K. Anaerobic capacity of elite Taiwanese Taekwondo athletes. *Science & Sports*. Vol. 21. Núm. 5. p. 291-293. 2006.
- 18-Lopes-Silva, J. P.; Franchini, E. Developing anaerobic power and capacity for combat sports athletes. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*. Vol. 16. Núm. 1s. 2021.
- 19-Marković, G.; Misigoj-Duraković, M.; Trninić, S. Fitness profile of elite Croatian female taekwondo athletes. *Collegium Anthropologicum*. Vol. 29. Núm. 1. p. 93-99. 2005.
- 20-Matsushigue, K. A.; Hartmann, K.; Franchini, E. Taekwondo: Physiological Responses and Match Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 23. Núm. 4. p. 1112-1117. 2009.
- 21-Milioni, F.; Zagatto, A.; Barbieri, R.; Andrade, V.; Dos Santos, J.; Gobatto, C.; Da Silva, A.; Santiago, P.; Papoti, M. Energy Systems Contribution in the Running-based Anaerobic Sprint Test. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 38. Núm. 3. p. 226-232. 2017.
- 22-Ouergui, I.; Haddad, M.; Padulo, J.; Gmada, N.; Bouhlel, E.; Behm, D. G. Physiological Responses to Taekwondo Competition and Specific Training. Em: MONOEM, D. H. (Ed.). *Performance Optimization in Taekwondo: From Laboratory to Field*. OMICS International. 2014. p. 1-9.
- 23-Ouergui, I.; Messaoudi, H.; Chtourou, H.; Wagner, M. O.; Bouassida, A.; Bouhlel, E.; Franchini, E.; Engel, F. A. 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. Vol. 17. Núm. 12. p. 4506. 2020.

24-Plagenhoef, S.; Evans, F. G.; Abdelnour, T. Anatomical Data for Analyzing Human Motion. Research Quarterly for Exercise and Sport. Vol. 54. Núm. 2. p. 169-178. 1983.

25-Rocha, F.; Louro, H.; Matias, R.; Costa, A. Anaerobic fitness assessment in taekwondo athletes. A new perspective. Motricidade. Vol. 12. p. 127-139. 2016.

26-Sant'ana, J.; Diefenthaler, F.; Dal Pupo, J.; Detanico, D.; Guglielmo, L. G.; Santos, S. Anaerobic evaluation of Taekwondo athletes. International Sportmed Journal. Vol. 15. p. 492. 2014.

27-Schober, P.; Boer, C.; Schwarte, L. A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. Anesthesia & Analgesia. Vol. 126. Núm. 5. p. 1763-1768. 2018.

28-Tanaka, H.; Monahan, K.; Seals, D. Age-predicted maximal heart rate revisited. Journal of the American College of Cardiology. Vol. 37. Núm. 1. p. 153-156. 2001.

29-Tayech, A.; Mejri, M. A.; Chaabene, H.; Chaouachi, M.; Behm, D. G.; Chaouachi, A. Test-retest reliability and criterion validity of a new Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. Vol. 59. Núm. 2. p. 200. 2019.

30-Tayech, A.; Mejri, M. A.; Chaouachi, M.; Chaabene, H.; Hambli, M.; Brughelli, M.; Behm, D. G.; Chaouachi, A. Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test: Discriminant Validity and an Update with the Gold-Standard Wingate Test. Journal of Human Kinetics. Vol. 71. Núm. 1. p. 229-242. 2020.

31-Thompson, J. B. A Comparison of Absolute, Ratio and Allometric Scaling Methods for Normalizing Strength in Elite American Football Players. Journal of Athletic Enhancement. Vol. 2. Núm. 2. p. 1-5. 2013.

32-Tourinho Filho, H.; Tourinho, L. S. P. R. Children, adolescents and physical activity: maturational and functional aspects. Revista Paulista de Educação Física. Vol. 12. Núm. 1. p. 71. 1998.

33-Vasconcelos, B. B.; Protzen, G. V.; Galliano, L. M.; Kirk, C.; Del Vecchio, F. B. Effects of High-Intensity Interval Training in Combat Sports: A Systematic Review with Meta-Analysis. Journal of Strength and Conditioning Research. Vol. 34. Núm. 3. p. 888-900. 2020.

34-Veiga, R. S.; Müller, C. B.; Cabistany, L. D.; Formalioni, A. C.; Pinheiro, E. S.; Vecchio, F. B. D. The validity of Keiser-M3 stationary bicycle with standard ergometer for physiological measurements associated with maximum effort. Motriz: Revista de Educação Física. Vol. 26. Núm. 2. p. e10200196. 2020.

35-World Taekwondo Federation. Competition Rules, 2020. Disponível em: <<http://www.worldtaekwondo.org/rules/>>. Acesso em: 19/09/2020.

Recebido para publicação em 06/03/2023
Aceito em 09/04/2023