



Revista de Educação Física

Journal of Physical Education

Home page: www.revistadeeducacaofisica.com



Estudo de Caso

Case Study

O processo de fadiga pode alterar a estratégia motora de velocidade de golpes no karate: um estudo de caso

The process of fatigue can change the motor strategy in velocities of strokes in karate: a case study

Keith Sato Urbinati^{§1} MS; Matheus Aguiar¹, Juarez Trancoso¹, Caluê Papcke¹, Percy Nohama¹, Eduardo Scheeren¹

Recebido em: 14 de março de 2016. Aceito em: 13 de junho de 2016.
Publicado online em: 29 de setembro de 2016.

Resumo

Introdução: Devido às novas exigências nas regras competitivas com maiores pontuações, o karate vem se tornando um esporte com altas demandas da variável velocidade. Dentre diversos fatores que podem afetar a velocidade de golpes, o processo de fadiga exaustão é uma importante variável interveniente. Logo, como ocorre o controle motor para a manutenção de velocidade de golpes em situação de fatigabilidade?

Objetivo: Identificar as estratégias motoras na manutenção de velocidade do *gyako zuki* no processo de fadiga.

Métodos: Foi avaliado o atual campeão sul-americano da categoria -78 kg, sub 21 do sistema *World Karate Federation* (WKF). O atleta pratica karate por 7 anos, é faixa preta, nível internacional, com 78 kg, 1,82m, 14,4% de gordura, VO₂ máx = 55 kg.ml⁻¹.min⁻¹. O atleta realizou um protocolo de carga progressiva denominado *Karate Specific Aerobic Test* (KSAT) até a exaustão. Para o modelo biomecânico foi utilizado um sistema de análise de movimento de seis câmeras (Sistema Vicon).

Resultados: As diferentes contribuições de velocidade de segmentos para a manutenção de vP (velocidade de pico) do *gyako zuki* ocorre uma vez que protocolos de fadiga comumente atribuem adaptações funcionais para superar o efeito da fadiga e continuar executando a ação técnica da 'melhor' forma possível.

Conclusão: A principal estratégia motora adotada no processo de fadiga é a diminuição do deslocamento de tornozelo e joelho esquerdos à frente, o que diminui a vP do *gyako zuki*. O deslocamento do segmento de quadril ocorre em situação de homeostase e não necessariamente em situação de fadiga.

Palavras-chave: artes marciais, fadiga muscular, habilidades motoras, fenômeno biomecânico.

Abstract

Introduction: Because of the new requirements in the competitive rules with higher scores, karate has become a sport with high demands of speed. Among many factors that can affect the speed of strokes, the process of fatigue exhaustion is an important intervening variable. How the motor control for maintaining speed in strokes fatigability situation?

Pontos-Chave Destaque

- Durante o processo de fadiga, o atleta tem um menor deslocamento de tornozelo e joelho.

- É importante identificar uma estratégia motora para a execução de golpes durante situações de fadiga.

- Ocorrem adaptações motoras em função da fadiga, especialmente no lado opositor do golpe.

[§] Autor correspondente: Keith Mary de Souza Sato Urbinati – e-mail: keith_sato@hotmail.com

Afiliações:¹Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Objective: Identify the motor strategies in maintaining *gyako zuki* speed in the fatigue process.

Methods: We evaluated the current South American champion of the category -78 kg, under 21 years of age, World Karate Federation system (WKF). The karate athlete practice for 7 years, is a black belt, internationally, with 78 kg, 1.82m, 14.4% fat, VO2 max = 55 kg.ml⁻¹.min⁻¹. The athlete made a progressive load protocol called Karate Specific Aerobic Test (KSAT) until exhaustion. For biomechanical model was used a six camera motion analysis system (Vicon system).

Results: Different contributions segments speed to maintain Vp (peak velocity) *gyako zuki* occurs because fatigue protocols commonly assigned functional adaptations to overcome the effects of fatigue and continue running the technical action as 'better' as possible.

Conclusion: The main motor strategy adopted in the fatigue process is the reduction of ankle dislocation and left knee forwarding, which reduces the vP of *gyako zuki*. The displacement of the hip segment occurs in homeostasis position and not necessarily by fatigue condition.

Keywords: martial arts, muscle fatigue, motor skills, biomechanical phenomena.

Keypoints

- In the fatigue process, the athlete has a lower dislocation of ankle and knee.
- It is important to identify a motor strategy to execute strokes in fatigue process.
- 3º: Motor adaptations that occurs by the fatigue, especially in opposite side of the stroke.

O processo de fadiga pode alterar a estratégia motora de velocidade de golpes no karate: um estudo de caso

Introdução

O karate é um esporte de combate de percussão que envolve ações de ataque e defesa como socos e chutes (1). Na situação competitiva, ocorrem ações de alta intensidade (2), com elevadas velocidades (3-4), e precisão de golpes (5-6).

Devido às novas exigências nas regras competitivas (7-9) com maiores pontuações, o karate vem se tornando um esporte com altas demandas da variável velocidade (10-13) especialmente no que concerne à prova de *kumite* (luta).

A avaliação da variável velocidade em golpes no karate torna-se importante indicador discriminante do sucesso esportivo (3,4,10,14-17) Dentre diversos fatores que podem afetar a velocidade de golpes, o processo de fadiga exaustão é uma importante variável interveniente.

Compreendendo que alterações na função contrátil alteram a produção de força e conseqüentemente aumentam a fatigabilidade associada e desempenho esportivo (18), deduz-se que o processo de fadiga altere a produção de velocidade de golpes no karate.

Apesar de diversos trabalhos que estimam a velocidade de golpes no karate (10,15-17,19), não encontramos análises que identifiquem as estratégias motoras utilizadas para a produção de velocidade durante o processo de fadiga exaustão.

Logo, como ocorre o controle motor para a manutenção de velocidade de golpes em situação de fatigabilidade? Acreditamos que ao identificar as principais adaptações e estratégias utilizadas na geração de velocidade, técnicos e preparadores físicos desta modalidade poderão auxiliar seus atletas na aquisição de melhores índices de desempenho esportivo.

Para o presente estudo realizaremos a análise do golpe *gyako zuki* (soco reverso), principal técnica utilizada em situação competitiva no karate (14,20).

Assim, teorizar que (1) a manutenção de velocidade do golpe *gyako zuki* ocorra por maior deslocamento de quadril e ombro direitos no eixo horizontal para a compensação de velocidade de punho do golpe *gyako zuki* em situação de fadiga, (2) ocorre uma queda linear na produção de velocidade de punho do golpe *gyako zuki* com

o aumento do processo de fadiga. Para testar nossas hipóteses de estudo, o objetivo do trabalho foi identificar as estratégias motoras na manutenção de velocidade do *gyako zuki* no processo de fadiga.

Métodos

Foi avaliado o atual campeão sul-americano da categoria -78 kg, sub 21 do sistema *World Karate Federation* (WKF). O atleta pratica karate por 7 anos, é faixa preta, nível internacional, com 78 kg, 1,82m, 14,4% de gordura, $VO_2 \text{ máx} = 55 \text{ kg.ml}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Respeitamos as normativas éticas resguardadas ao sujeito de pesquisa. O projeto foi aprovado no Comitê de Ética onde o estudo foi conduzido (número 38400/2012).

Avaliamos a pré-participação do atleta com o *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q) (21) para a identificação de risco na participação do estudo. Os dados antropométricos foram coletados em conformidade ao *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (22).

O atleta realizou um protocolo de carga progressiva denominado *Karate Specific Aerobic Test* (KSAT) até a exaustão (23). Este protocolo avaliativo consiste na execução de quatro golpes, conforme Figura 1, em um período de tempo. A realização dos 4 golpes inicia com um sinal sonoro, o tempo entre os sinais sonoros diminui ao longo do teste. Quando o sujeito não consegue realizar o conjunto de quatro golpes de forma completa antes do próximo sinal sonoro, o teste é encerrado (23). Houve estímulo verbal durante todo o procedimento.

A frequência cardíaca foi medida antes, durante e após o teste KSAT um monitor de frequência cardíaca Polar V800. Dez minutos após o término do protocolo KSAT, foi aplicado o teste de percepção de esforço, com a escala de 6 a 20 (24,25).

Para o modelo biomecânico foi utilizado um sistema de análise de movimento de seis câmeras (Sistema Vicon) configurado para gravar a 1000 Hz. Quarenta e três marcadores reflexivos foram colocados em segmentos

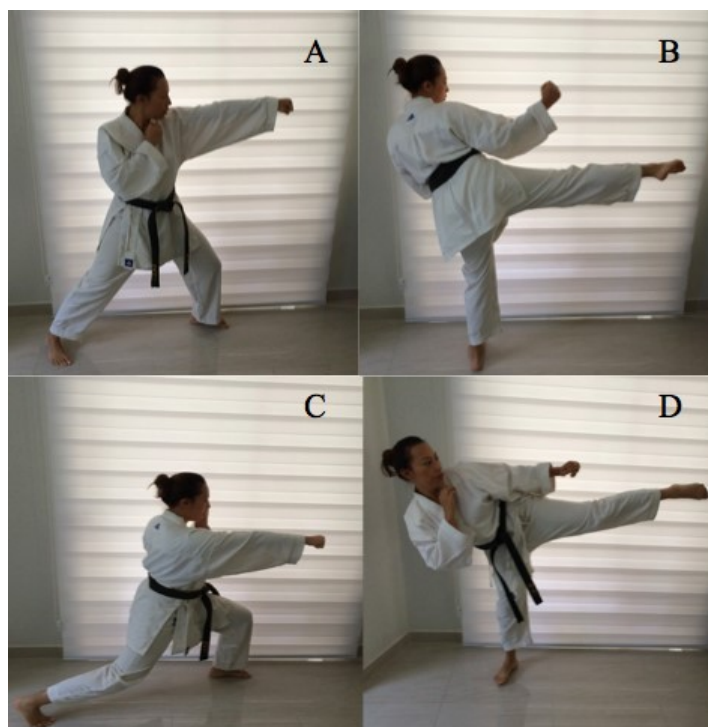


Figura 1 – Descrição do KSAT. (A) soco *kizami zuki*, (B) chute *mawashi geri*, (C) soco *gyako zuki*, (D) chute *kizami zuki*

anatômicos específicos (*Plug in gate* modelo de corpo inteiro). O modelo foi reconstruído usando o modelo polinomial, com um quarto filtro de ordem Butterworth (6 Hz).

Foi desenvolvido em ambiente Matlab (*The MathWorks, Inc.*) de rotina para determinar a velocidade e tempo nos marcadores conforme Tabela 1.

Identificamos a velocidade de pico (vP) no eixo x do punho direito (rwa) para a execução do golpe *gyako zuki*. A partir deste ponto foram identificados os frames onde ocorreram a vP no eixo X do punho direito. A partir deste dado, as velocidades dos segmentos anatômicos tornozelo, joelho, quadril, ombro, cotovelo e punho foram identificadas para cada frame.

Tabela 1 – Descrição dos segmentos anatômicos avaliados

Ponto anatômico	Sigla / descrição
Tornozelo	LANK – tornozelo esquerdo
	RANK – tornozelo direito
Joelho	RKNE – joelho direito
	LKNE – joelho esquerdo
Quadril	RASI – quadril (supra íliaca) direito
	LASI – quadril (supra íliaca) esquerdo
Ombro	RSHO – ombro direito
	LSHO – ombro esquerdo
Cotovelo	RELB – cotovelo direito
	LELB – cotovelo esquerdo
Punho	RWRA – punho direito
	LWRA – punho esquerdo

O protocolo KSAT foi realizado até o processo de fadiga / exaustão, logo o conjunto de 30 socos foram divididos em três fases: 1) fase inicial (10 primeiros socos), 2) fase intermediária (10 socos do meio do protocolo) e 3) fase final (10 socos finais).

A normalidade foi confirmada através de teste de Shapiro-Wilk. Utilizamos o modelo de regressão linear método stepwise ($p < 0,05$) para identificar os principais segmentos anatômicos que predizem a vP do *gyako zuki*. A fim de comparar as velocidades dos segmentos anatômicos nas três fases (inicial, intermediária e final) foi aplicada ANOVA para medidas repetidas, com *post-hoc* de Bonferroni ($p < 0,05$). Utilizou-se correlação de Pearson para avaliar a associação entre a

velocidade dos segmentos anatômicos com vP do punho direito (*gyako zuki*).

Resultados

O atleta atingiu FC de pico durante o KSAT de 190 bpm, com FC final de 187 bpm. Ao final do teste a percepção de esforço foi de 17 em uma escala de 6 a 20, classificado como 'muito cansativo' (29). Elevados valores de FC e percepção de esforço são indicativos que o atleta sofreu processo de fadiga e exaustão durante o protocolo experimental.

O comportamento da velocidade de pico (vP) ao longo de 30 socos pode ser observado na Figura 2. Ao realizar o cálculo de regressão linear para o modelo, houve uma leve declinação de reta.

Ao realizar a regressão linear de todo o conjunto de 30 *gyako zuki* ($R^2=0.89$; $df=11$; $F=9.26$; $p=0.0001$) observou-se que os segmentos anatômicos de tornozelo esquerdo ($t=2.09$; $p=0.05$) e direito ($t=4.23$; $p=0.001$), cotovelo direito ($t=5.69$; $p=0.0001$) influenciam positivamente na vP do punho direito (*gyako zuki*). Enquanto que a velocidade de joelho direito ($t=-4,344$, $p=0.001$) e ombro direito ($t=-2.12$, $p=0.0001$) influenciaram negativamente na vP. Logo, parece que para o modelo de 30 socos, maiores velocidades de tornozelo e cotovelo estão associadas a maior velocidade de golpe. Enquanto que maiores velocidades de ombro e joelho direito são inversamente proporcionais à velocidade de soco.

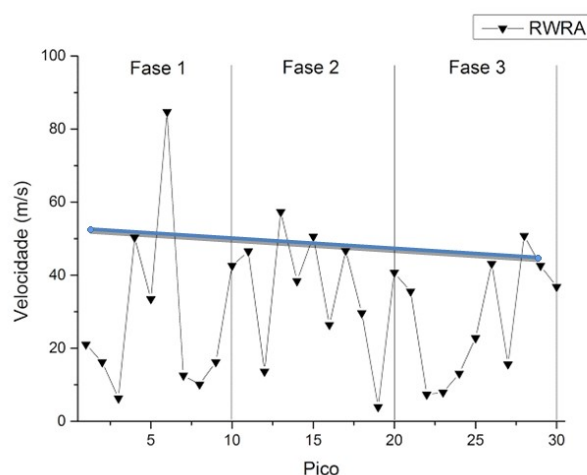


Figura 2 – Comportamento de velocidade de pico (vP) do punho direito (RWRA), que

realiza o golpe *gyako zuki* nas fases inicial (fase 1), intermediária (fase 2) e final (fase 3)

O comportamento da velocidade dos segmentos de tornozelos D/E, joelhos D/E, quadril D/E, ombros D/E, cotovelos D/E e

punhos D/E, nas três diferentes fases, pode ser observado na Figura 3.

Ao avaliar a relação da velocidade do *gyako zuki* com velocidades de segmentos anatômicos conforme as fases, identificou-se que na fase inicial não ocorreu qualquer relação.

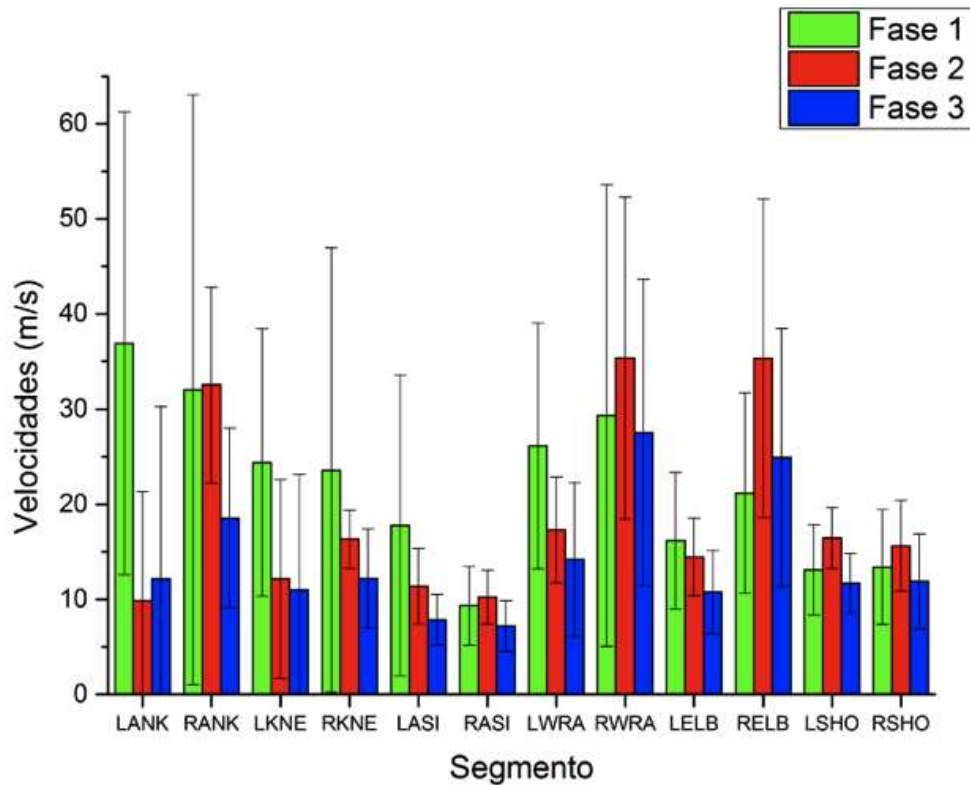


Figura 3 – Comportamento de velocidades para os segmentos de tornozelo, joelho, quadril, ombros, cotovelos e punhos para ambos os lados nas fases inicial (fase 1), intermediária (fase 2) e final (fase 3)

Enquanto que na fase intermediária, os segmentos de tornozelo esquerdo ($r=-0.86$; $p=0.003$) e joelho esquerdo ($r=-0.84$; $p=0.002$) apresentaram correlações fortes e inversas à velocidade de soco. Nesta mesma situação, quanto maior a velocidade de quadril direito ($r=0.84$; $p=0.002$) e cotovelo direito ($r=0.93$; $p=0.0001$), maior a velocidade de soco.

Na fase final, uma menor velocidade de tornozelo esquerdo ($r=-0.62$; $p=0.05$) e maiores velocidades de cotovelo direito ($r=0.98$; $p=0.0001$) e ombro esquerdo ($r=0.65$; $p=0.04$) colaboraram para a manutenção de velocidade do *gyako zuki*.

As diferentes contribuições de velocidade de segmentos para a manutenção de vP de *gyako zuki* ocorrem uma vez que protocolos de fadiga comumente atribuem adaptações funcionais para superar o efeito da fadiga e continuar executando a ação técnica da ‘melhor’ forma possível (28).

Ao comparar as fases inicial, intermediária e final (Figuras 4 e 5), houve diferença de velocidade entre as fases para o tornozelo esquerdo ($F=6.42$; $df=2$; $p=0.005$), joelho esquerdo ($F=3.63$; $df=2$; $p=0.040$), punho esquerdo ($F=6.42$; $df=2$; $p=0.005$) e ombro esquerdo ($F=4.20$; $df=2$; $p=0.026$).

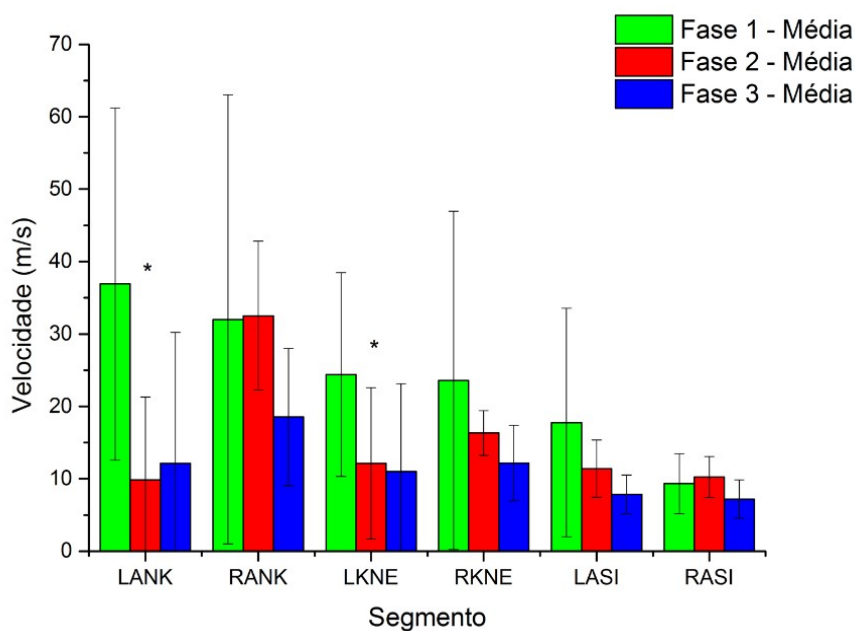


Figura 4 – Comportamento de velocidades de segmentos de tornozelo (LANK e RANK), joelho (LKNE e RKNE) e quadril (LASI e RASI) na fase 1 (inicial), fase 2 (intermediária) e fase 3 (final).
* diferença estatística $p < 0.05$.

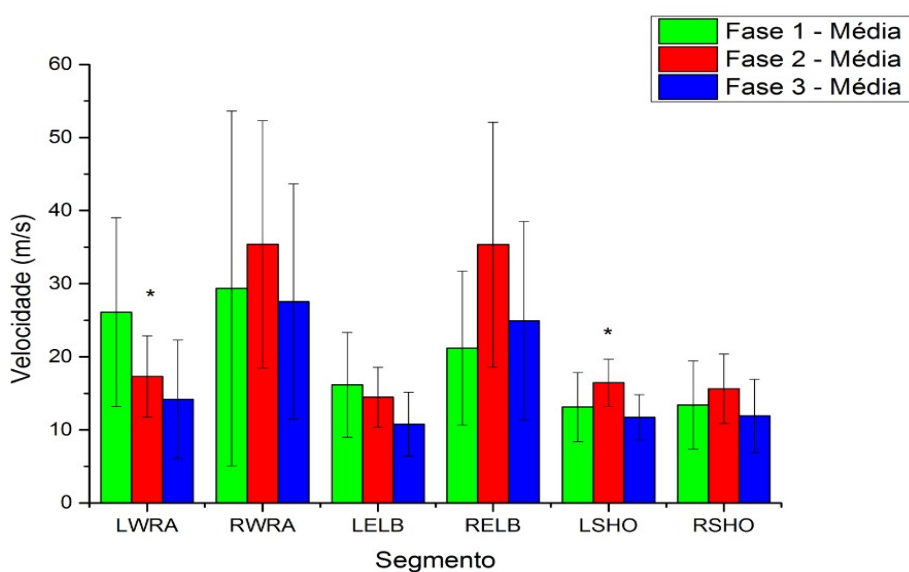


Figura 4 – Figura 5. Comportamento de velocidades de segmentos de punho (LWRA e RWRA), cotovelo (LELB e RELB) e ombro (LSHO e RSHO) nas fases inicial (fase 1), intermediária (fase 2) e final (fase 3)

* diferença estatística $p < 0.05$.

Discussão

Ao contrário da hipótese predita em nosso estudo, que a vP do golpe *gyako zuki* diminuiria linearmente ao longo do processo de fadiga exaustão, encontramos na fase inicial um processo adaptativo da vP. Na fase intermediária houve um equilíbrio de vP,

indicativo de estabilização da produção de velocidade. Tal estabilização pode ser decorrente de processos adaptativos neuromotores. Gaesser e Poole (26) indicam que esta fase de estabilização pode ser denominada componente lento de VO₂ e que ocorreria no domínio do exercício moderado. Apesar de intermitente, o KSAT é um teste

incremental (modelo escada), logo a fase intermediária pode ser considerada como um ‘estado estável’, uma vez que o protocolo avalia a condição aeróbia no karate.

A hipótese do presente estudo indica que a velocidade de quadril e ombro direitos influenciam na vP do *gyako zuki* em situação de fadiga, mas a fase intermediária foi considerada como estado estável. Então a velocidade do segmento quadril influencia em situação de homeostase, e não em situação de fadiga.

Na fase final houve uma diminuição de vP, possivelmente pelo processo de indução à fadiga. Pela teoria de Gaesser e Poole (26) esta fase estaria no domínio pesado / severo de exercício, com diferenças no estado estável e aumento na taxa de trabalho. No entanto, ao contrário do esperado, a partir do 23o estágio de teste houve um aumento na vP. Como poderia o indivíduo aumentar o vP na fase final de um protocolo de fadiga / exaustão? Possivelmente as alterações em vP do *gyako zuki* nesta fase são indicativos de que o processo de fadiga não pode ser explicado unicamente pelo modelo clássico, cujo conceito de fadiga é a queda ou diminuição na geração de força (18). No modelo de fadiga ‘teoria do governador central’ proposto por Noakes (27) a fadiga pode ser também influenciada por fatores motivacionais e psicológicos, inclusive um ‘governador central’, no caso o córtex motor estaria modulando este sistema.

Mas, o presente estudo não permite identificar se necessariamente é o ‘governador central’ o limitador de vP, uma vez que diversos segmentos corporais também influenciaram na vP do *gyako zuki* (Figura 3). No entanto, o modelo de ‘fatigabilidade’ proposto por Enoka e Duchau (18) indica uma complexa interação de alterações na homeostase, estado psicológico, função contrátil e ativação muscular no processo de fadiga.

Tais modificações demonstram que ao contrário da hipótese inicial de que a velocidade do golpe *gyako zuki* seja dependente das velocidades dos segmentos de quadril e ombro, na verdade a manutenção da velocidade é explicada pelo aumento de velocidade de tornozelo, joelho, punho e

ombro esquerdo. Ou seja, o comportamento do lado opositor ao golpe influencia a vP no *gyako zuki*. De acordo com o que é proposto na teoria de sistemas dinâmicos (28), os atletas se esforçam para alcançar um resultado com desempenho constante através da adoção de um padrão de organização de movimento diferente.

Pontos fortes e limitações do estudo

O principal ponto forte deste estudo foi a identificação da estratégia motora para a execução de golpes na modalidade do *kumite* no karate durante situações de fadiga. As estratégias motoras identificadas podem ser extrapoladas para planejamentos técnicos e táticos da modalidade, visando o alto rendimento competitivo, eficácia técnica e novas estratégias de treinos técnicos em situações de fatigabilidade. Além disto, este é o primeiro estudo a investigar o efeito do processo de fadiga exaustão em um protocolo de carga incremental no karate. Evidenciamos que ocorrem adaptações motoras para a manutenção de velocidade, que são dependentes especialmente nas velocidades dos segmentos anatómicos do lado opositor ao golpe.

Este estudo limitou-se a avaliar somente um sujeito que, apesar do avançado nível competitivo, pode ou não refletir as características morfofisiológicas de atletas de alto nível desta modalidade.

Conclusão

A principal estratégia motora adotada no processo de fadiga é a diminuição do deslocamento de tornozelo e joelho esquerdos à frente, o que diminui a vP do *gyako zuki*. O deslocamento do segmento de quadril ocorre em situação de homeostase e não necessariamente em situação de fadiga.

Sugere-se que os protocolos de treinamento combinem fadiga severa e ações técnicas para a correção de adaptações técnicas. Além disso, instrutores e mestres de karate devem considerar a inclusão de exercícios de deslocamento frontal com a perna esquerda no momento de extensão do *gyako zuki*, pois na fase de fadiga este foi o principal segmento influenciador.

Além disso, o golpe *gyako zuki* deve ser realizado de forma balística, uma vez que quanto maior a velocidade de deslocamento de cotovelo do golpe, maior a velocidade de pico do golpe.

A execução correta do movimento é fundamental para o desenvolvimento de protocolos de treinamento. Sugere-se que futuramente sejam analisados os outros golpes aplicados no KSAT, como: *kizami zuki*, *mawashi geri* e *kizami mawashi geri* (Figura 1), bem como a avaliação de grupos randomizados de atletas de karate. Com diferentes graduações, faixas etárias e nível competitivo, uma vez que as adaptações motoras ao processo de fadiga possam ter influência da individualidade biológica (18). Apesar da dificuldade, que sejam propostos desenhos de estudos que controlem as variáveis homeostase, estado psicológico, função contrátil e ativação muscular para a medida de fatigabilidade.

Agradecimentos

Agradecemos ao técnico da seleção brasileira João Carlin pelas discussões sobre o aprofundamento técnico da modalidade karate, bem como sua disposição para o encaminhamento de atletas para o estudo.

Declaração de conflito de interesses

Não há nenhum tipo de conflito de interesses em relação ao presente estudo.

Referências

1. Cesario P, Bertucco M. Coupling between punch efficacy and body stability for elite karate. *Journal Science Medicine Sport*. 2008; 11 (3): 353-6.
2. Tabben M, Chaabène H, Franchini E, Tourny C, Chamari K, Coquart J. The influence of karate practice level and sex on physiological and perceptual responses in three modern karate training modalities. *Biology of Sport*. 2014; 31(3): 201–207.
3. Roschel H, Batista M, Monteiro R, Bertuzzi RC, Barroso R, Loturco I, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Franchini E. Back Issues. *Journal Sports Science Medicine*. 2009; 8 (CSSI3): 20-4.
4. Urbinati KS, Scheeren EM, Nohama P. A new virtual instrument for estimating punch velocity in combat sports. *Conference Proceedings IEEE Engineering Medical Biological Society*. 2013; 571-4.
5. Sforza C, Turci M, Grassi G P, Fragnito N, Serrao G, Ferrario VF. Repeatability of choku-tsuki and oi-tsuki in shotokan karate: a 3-dimensional analysis with thirteen black-belt karateka. *Perceptual Motor Skills*. 92(3 Pt 2):1230-2, 1992.
6. Sbriccoli P, Sacchetti M, Felici F, Gizzi L; Lenti M, Scotto A. Non-invasive assessment of muscle fiber conduction velocity during an incremental maximal cycling test. *European Journal of Applied Physiology*. 2009; 108(6):1269-80.
7. Macan J, Bundalo-Vrbanac D, Romić G. *Brazilian Journal Sports Medicine*. 2006. Effects of the new karate rules on the incidence and distribution of injuries. 40(4): 326-30.
8. Arriaza R, Leyes M, Zaeimkohan H, Arriaza A. The injury profile of Karate World Championships: new rules, less injuries. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2009. 17(12):1437-42.
9. World Karate Federation. Competition rules kata & kumite. 2012. Version 7.
10. Mori S, Ohtani Y, Imanaka K. Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science*. 2002. 21 (2): 213-30.
11. Dworak LB, Dziewiecki K, Maczynski J. Characteristics of kinematics and kinetics of strokes in karate – biomechanical approach. *XXIII ISBS*. 2005. 1(1): 109-12.
12. Beneke R, Beyer T, Jachner C, Erasmus J, Hütler M. Energetics of karate kumite *European Journal of Applied Physiology*. 2004. 92(4-5):518-23.
13. Iide K, et al. *Journal of Strength and Conditioning*. 2008. 22(3):839-44.
14. Chaabène H, Hachana Y, Franchini E, Mkaouer B, Chamari K. Physical and

- physiological profile of elite karate athletes. *International Journal of Sports Physiology Performance*. 2012. 9(2):302-8.
15. Layton C. A call for the clarification of the split and inclusion of correlations in studies of duration and psychological benefits of martial arts practice. *Perceptual Motor and Skills*. 1993. 76(3 Pt 1):1001-2.
 16. Lee JB, Matsumoto T, Othman T, Yamauchi M, Taimura A, Kaneda E, Ohwatari N, Kosaka M. Coactivation of the Flexor Muscles as a Synergist with the Extensors during Ballistic Finger Extension Movement in Trained Kendo and Karate Athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 1999. 20(1):7-11.
 17. Gianino C. Physics of Karate. Kinematics analysis of karate techniques by a digital movie camera. *Latin American Journal of Physics Education*. 2010. 4(1):32-4.
 18. Enoka R, et al. *Medicine and Sciences in Sports Exercise*, 2016.
 19. Quinzi F, Camomilla V, Di Mario A, Felici F, Sbricolli P. Repeated Kicking Actions in Karate: Effect on Technical Execution in Elite Practitioners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2016. 11 (3): 363-9.
 20. Loturco I, Artioli GG, Kobal R, Gil S, Franchini E. Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: a multiple regression analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014. 28(7):1826-32.
 21. Thomas S, Reading J, Shepard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sports Sciences*. 1992. 17(4):338-45.
 22. Marfell-Jones M. *International Standards for Anthropometric Assessment*. 2006.
 23. Tabben M, Coqueart J, Chaabène H, Franchini E, Ghoul N, Tourny C. Time-motion, tactical and technical analysis in top-level karatekas according to gender, match outcome and weight categories *Journal of Sports Science*. 2015. 33(8):841-9.
 24. David N. Development of a Sports Specific Aerobic Capacity Test for Karate - A Pilot Study. *Journal of Sports Med Sci*. 2006. 5 (CSSI): 47-53.
 25. Milanez V, Manoel L, Luiz P, Cássio G, Franchini E. Avaliação e comparação das respostas da percepção subjetiva de esforço e concentração de lactato em uma competição oficial de karate. *Revista de Educação Física/UEM*. 2011. 22(1):57-64.
 26. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sport Science Review*. 1996. 24:35-71.
 27. Noakes TD. Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. *Frontiers in Physiology*. 2012;11(3):82.
 28. Knicker AJ, Renshaw I, Oldham AR, Cairns SP. *Sports Medicine*. 2011. 41(4):307-28.