

Márcio Fagundes Goethel

INDICADORES BIOMECÂNICOS DO KARATE DE ALTO NÍVEL

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Humano e Tecnologias - Área Tecnologias nas Dinâmicas Corporais.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Gonçalves

Rio Claro-SP

2015

RESUMO

O Karatê é um esporte amplamente praticado ao redor do mundo, com seu número de praticantes em constante crescimento. Suas técnicas implicam em movimentos complexos de membros inferiores e superiores e que exigem do executante velocidade, agilidade, técnica, precisão e eficiente tomada de decisão. Devido a expansão no número de praticantes e de competições com exigência de nível técnico cada vez maior, seus praticantes assim como seus preparadores físicos e técnicos têm manifestado a necessidade de suporte científico na mesma proporção. Diante disto, o objetivo geral deste estudo é de determinar quais indicadores biomecânicos diferenciam o desempenho de atletas de diferentes níveis competitivos no Karatê durante a realização dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri. Para tanto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (1) analisar parâmetros dinamométricos durante a flexão e extensão isométrica e isocinética das articulações do ombro, cotovelo, joelho e quadril de atletas de diferentes níveis competitivos no karatê; (2) analisar parâmetros temporais da execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri em atletas de diferentes níveis competitivos no karatê; (3) analisar parâmetros dinâmicos na execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri em atletas de diferentes níveis de experiência no karatê; (4) analisar parâmetros coordenativos da execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri e sua variabilidade em atletas de diferentes níveis de experiência no karatê; (5) analisar o relacionamento de parâmetros eletromiográficos de músculos envolvidos na execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri em atletas de diferentes níveis competitivos no karatê. Para cada objetivo proposto é apresentado um artigo, nos quais foram avaliados 14 voluntários do gênero masculino, faixa etária de 18 a 35 anos, praticantes competitivos de Karatê, Faixas Pretas, divididos em 2 subgrupos: Grupo Elite (GE), 07 indivíduos competidores à nível nacional ou internacional; e Grupo Sub-elite (GSE), 07 indivíduos competidores à nível regional ou estadual. Durante o protocolo experimental deste estudo os atletas realizaram um avaliação dinamométrica de contrações concêntricas, isométricas e isocinéticas (60 °/s), dos movimentos de flexão e extensão, das articulações do Ombro, Cotovelo, Quadril e Joelho. Após, foi realizada a avaliação dos golpes onde foram mensuradas variáveis cinéticas, cinemáticas e eletromiográficas (EMG) durante a execução de 5 tentativas de cada golpe. Os músculos analisados pela EMG durante a execução do Gyaku Tsuki foram: Deltóide Anterior (DA), Deltóide Posterior (DP), Bíceps Braquial (BB) e Tríceps Braquial (TB). Já durante a execução do Mae Geri, os músculos foram: Tensor da

Fáscia Lata (TFL), Glúteo Máximo (GM), Bíceps da Coxa “Cabeça Longa” (BCcl) e Reto da Coxa (RC). Os resultados provenientes da avaliação dinamométrica não apontaram diferenças significativas entre os grupos, demonstrando similaridade nos parâmetros de produção de força. No que diz respeito às variáveis temporais, o grupo Elite se mostrou mais eficiente em ambas as técnicas, reagindo mais rapidamente, bem como desempenhando o golpe em menor tempo. O grupo Elite também se destacou em sua estratégia de propulsão ao alvo em ambas as técnicas, produzindo uma maior taxa de produção de carga contra o solo quando comparado ao Sub-elite. Dentre os parâmetros provenientes da análise cinemática avaliada durante execução dos golpes, variáveis de potência desempenhadas pelas articulações proximais e distais envolvidas em ambas as técnicas também demonstram superioridade do grupo Elite. O grupo Elite se mostrou significativamente superior na performance final de ambas as técnicas, sendo que a mesma foi apontada através da velocidade linear do segmento que atinge o alvo. Indicadores de coordenação intra-segmentos foram apontados como diferentes entre os grupos, assinalando maior capacidade coordenativa e menor variabilidade para o grupo de maior nível competitivo. Também foram apontadas diferenças significativas na utilização do mecanismo de cocontração para frenagem do movimento, apontada entre os músculos TB e BB durante a fase de desaceleração do Gyaku Tsuki, onde o grupo Elite utiliza uma maior ativação da musculatura antagonista nesta fase do golpe, gerando um maior índice de cocontração. Durante a execução do Mae Geri não foram encontradas tais diferenças. Diante aos achados no presente estudo foi possível concluir que apesar do gesto técnico não diferir entre os grupos, os atletas de Elite possuem um maior refinamento técnico e capacidades neuromusculares mais desenvolvidas. Também, que a performance final do golpe é proveniente principalmente de aspectos coordenativos entre os segmentos envolvidos no desempenho da técnica. Finalmente, concluímos que os indicadores biomecânicos apontados neste estudo tem substancial importância para técnicos e atletas, por serem capazes de categorizar atletas de Karatê segundo seu nível de desempenho, bem como, servir de ferramenta de acompanhamento dos resultados de treinamento.

Palavras-chave: Eletromiografia; Dinamometria Isométrica e Isocinética; Cinética; Cinemática; Coordenação Intra-segmentos; Karatê

ABSTRACT

Karate is a sport widely practiced around the world, with its number of practitioners constantly growing. His techniques involve complex movements of upper and lower limbs and require the performer speed, agility, technique, precision and efficient decision making. Due to expansion in the number of practitioners and competitions with demanding technical level increasing, its practitioners as well as their trainers and technicians have expressed the need for scientific support accordingly. Therefore, the aim of this study is to determine what biomechanical indicators differentiate the performance of athletes of different competitive levels in Karate while performing the Gyaku Tsuki and Mae Geri strokes. To this end, the following specific objectives were established: (1) analyze dynamometric parameters during flexion and extension isometric and isokinetic of the shoulder, elbow, knee and hip joints of athletes from different competitive levels in karate; (2) analyze temporal parameters of the execution of Gyaku Tsuki and Mae Geri strokes in athletes of different competitive levels in karate; (3) analyze dynamic parameters in the execution of Gyaku Tsuki and Mae Geri strokes in athletes of different levels of experience in karate; (4) analyze coordinative parameters of the execution of Gyaku Tsuki and Mae Geri strokes and your variability in athletes of different levels of experience in karate; (5) analyze the relationship of electromyographic parameters of muscles involved in implementing of Gyaku Tsuki and Mae Geri strokes in athletes of different competitive levels in karate. For each proposed objective is presented a paper, in which were evaluated 14 male volunteers, aged 18 to 35, competitive practitioners of Karate, Black Belts, divided into two subgroups: Elite Group (GE), 07 individuals, competitors at national or international level; and Sub-elite Group (GSE), 07 individuals, competitors at regional or state level. During the experimental protocol of this study the athletes performed a dynamometric evaluation of concentric contractions, isometric and isokinetic (60 °/s), of the flexion and extension movements of the joints of the shoulder, elbow, hip and knee. After, it was performed the evaluation of the strokes, where were measured kinetic, kinematic and electromyographic (EMG) variables, during the execution of five attempts at a stroke. The muscles analyzed by EMG during the execution of Gyaku Tsuki were: Anterior Deltoid (DA), Posterior Deltoid (DP), Biceps Brachii (BB) and Triceps Brachii (TB). Already during the execution of Mae Geri, the muscles were: Tensor Fasciae Latae (TFL), Gluteus Maximus (GM), Biceps Femoris "Long Head" (Bfcl) and Rectus Femoris (RF). The results from the dynamometric evaluation showed no significant differences between the groups, demonstrating similarity in strength production parameters. With respect to temporal

variables, Elite group is more efficient in both techniques, reacting more quickly, as well as performing the stroke in a shorter time. The Elite group also stands out in your target propulsion strategy in both techniques, producing a higher load production rate against the ground when compared to the Sub-elite. Among the parameters from the kinematic analysis evaluated during execution of strokes, power variables carried by the proximal and distal joints involved in both techniques also demonstrate superiority of the Elite group. Elite group was significantly higher in the final performance of both techniques, and the same was indicated by the linear velocity of the segment that reaches the target. Indicators of intra-segment coordination are perceived to be different between the groups, suggesting greater coordinative capacity and less variability for the group of higher competitive level. Significant differences were also noted in the use of co-contraction mechanism for the movement braking, pointed between TB and BB muscles during the deceleration phase of Gyaku Tsuki, where the Elite group uses a greater activation of the antagonist muscles at this stage of the stroke, generating a higher co-contraction index. During the execution of Mae Geri were not found the same differences. On the findings in this study it was concluded that despite the technical gesture not differ between groups, elite athletes have a higher technical refinement and more developed neuromuscular capabilities. Also, the final performance of the stroke is derived mainly of coordinative aspects of the parts involved in the performance of the technique. Finally, we conclude that the biomechanical indicators presented in this study has substantial importance to coaches and athletes, by being able to categorize karate athletes according to their level of performance, and serve as a monitoring tool of the training results.

Keywords: Electromyography; Isometric and Isokinetic dynamometry; Kinetics; kinematics; Intra-segment coordination; karate

AGRADECIMENTOS

Normalmente nesta seção do documento de Tese demonstramos o quanto somos gratos à todos que de alguma forma tem sido importantes para nossa vida e trabalho, lhes dirigindo algumas palavras. Porém, vejo que a participação dos mesmos em minha vida tem sido acima de tudo uma benção sem medidas de Deus para mim. Então, primeiramente, rendo ao meu amado Deus toda honra, toda a glória e todo louvor, tens por mim amor incondicional e tem cumprido em mim todas tua promessas.

Obrigado Senhor, pela vida da minha Mãe, mulher notável, exemplo, que me ama de uma forma indescritível, te amo mãe.

Obrigado Senhor, pela vida da minha Irmã, “naninha”, amor da minha vida.

Obrigado Senhor, pela vida da minha Esposa, minha companheira, minha amiga, meu eterno amor, minha paixão de todos os dias, sou tudo “∞” contigo e nada “Ø” sem ti.

Obrigado Senhor, pela vida dos meus Pastores e irmãos, família que me deste em tua casa para me amar.

Obrigado Senhor, pela vida de meus Professores, Prof. Dr. Noé Gomes Borges Jr., Prof. Dr. Mauro Gonçalves e Prof. Dr. Adalgiso Coscrato Cardozo, escolheste cada um a dedo, nos momentos certos, para abençoar minha vida.

Obrigado Senhor, pela vida de meus colegas de Laboratório, peço que o Senhor abençoe o trabalho de cada um.

Obrigado Senhor, pela vida do meu colega e bom amigo Prof. Antonio Roberto Bendilatti “Prof. Shu”, benção sobre medida em minha vida.

Obrigado Senhor, pela vida do meu amigo Pedro Kobylanski, Sr. Alfredo Kobylanski Filho, Prof. Dr. Elcio Landim, colegas e amigos da Spine Implantantes Ltda., tem sido especial viver e trabalhar ao seu lado.

Enfim, Obrigado Senhor, pela vida de minha família, professores, colegas e amigos, e de todos que o Senhor tem colocado como benção em meu caminho.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 Objetivo geral | 10 |
| 2.2 Objetivos específicos | 10 |
| 3. ARTIGOS | 11 |
| 3.1. Artigo 1 | 12 |
| 3.2. Artigo 2 | 25 |
| 3.3. Artigo 3 | 37 |
| 3.4. Artigo 4 | 51 |
| 3.5. Artigo 5 | 64 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 75 |
| 5. REFERÊNCIAS | 77 |
| 6. ANEXOS | 79 |
| 6.1. Anexo 1 – TCLE | 79 |
| 6.2. Anexo 2 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa Local | 81 |

1. INTRODUÇÃO

O Karatê, cuja palavra é de origem japonesa, significa mãos vazias e é uma das versões para a arte do combate desarmado (ROSSI & TIRAPEGUI, 2007).

Desenvolvida no sul do Japão, na ilha de Okinawa, em meados do século XVIII, a prática do Karatê foi motivada em resposta à necessidade do uso de técnicas de luta efetivas sem a utilização de armas (WKF, 2013).

Atualmente, o Karatê é uma arte marcial amplamente praticada no mundo e para a propagação do mesmo como modalidade esportiva levou a necessidade da formulação de regras de combate para torná-lo competitivo. (STEVENS, 2007). Deste modo, as competições foram divididas em duas modalidades: Kata e Kumitê (DORIA et al., 2009).

O Kata, que significa “forma”, incorpora técnicas de várias escolas de arte marcial, onde os atletas se movem em várias direções no espaço. Não é considerado como uma batalha simbólica a ser realizada isoladamente, mas sim como uma batalha contra um ou mais adversários invisíveis. Várias escolas incorporaram diferentes números de técnicas de kata, e se referem a elas por nomes distintos. Os elementos básicos da técnica de kata apropriada incluem: kime (uma pequena contração muscular isométrica realizada quando a técnica é concluída), expressividade e ritmo. Durante as competições, os atletas realizam estilos de kata fixos (Shitei), e cada Kata executado possui uma duração distinta. Os atletas que chegam a final devem realizar um kata estilo fixo (Shitei) e um Kata estilo livre (Tokui), onde este último deve ter duração mínima de 60 s e máxima de 80 s. O atleta é penalizado por cada segundo acima ou abaixo deste limite, de acordo com as regras da Federação Mundial de Karatê (WKF, 2013).

O *kumitê* é a execução de técnicas de defesa e ataque em movimentação livre contra um oponente, sendo, portanto, a luta propriamente dita (WKF, 2013). Apesar da necessidade de demonstrar a força potencial de seus movimentos e executá-los como se fossem reais, no kumitê competitivo os golpes são realizados de maneira representativa, o que exige do atleta um aprimoramento do tempo e da distância adequada para que o golpe tenha grande eficiência, precisão e controle do movimento para pará-lo de modo a não causar dano ao adversário (WKF, 2013).

O Karatê assim como outras modalidades de arte marcial exerce grande

demanda do ponto de vista coordenativo, procurando utilizar os movimentos dos membros superiores e inferiores que exigem do executante velocidade, técnica, precisão de movimento, e em especial, uma eficiente tomada de decisão durante a defesa, ataque e contra ataque aos golpes recebidos (SBRICCOLI et al., 2010).

Com a especialização esportiva os padrões motores coordenativos vão se tornando mais consistentes e controlados, como efeito de refinamento, apresentando uma menor variabilidade das características coordenativas do gesto técnico à medida que a especialização na ação aumenta (WILSON et. al, 2008).

Porém, o sucesso no desporto exige não só a execução eficiente de padrões motores, mas também um elevado nível de capacidade de percepção. Esportes de alto nível competitivo são caracterizados por restrições espaciais e temporais severas impostas sobre o atleta por regulamentos e adversários (WILLIAMS et. al, 1999).

Anteriormente a 2001, os ataques que eram desferidos contra o oponente não possuíam nenhum tipo restrição no que diz respeito ao impacto e os efeitos do mesmo no atleta que receberia o golpe. Atualmente, de acordo com as regras da Federação Mundial de Karatê (WKF) os ataques tem caráter representativo, sendo permitido apenas breve contato no momento do impacto do golpe, e ainda mais, sendo passível de punição se tal recomendação não for devidamente seguida (WKF, 2013). Tais mudanças foram necessárias para diminuir o número de lesões e a severidade das mesmas em competições de Karatê (ARRIAZA, 2009).

Todavia, sob a nova regra competitiva, os atletas necessitam controlar a velocidade do golpe, de forma que atinja a maior velocidade possível durante o percurso e chegue ao alvo com a velocidade próxima de zero. A ineficiência em atingir um alto Pico de velocidade e a falta de capacidade de frear o movimento de forma brusca pode tornar a técnica facilmente percebida por parte do adversário.

O Gyaku Tsuki (Soco invertido) e o Mae Geri (Chute Frontal), são golpes que têm obtido grande destaque entre as técnicas do Karatê pela sua grande utilização em competição, desta forma, tem sido foco de grande parte das pesquisas científicas realizadas com o Karatê, investigando-os em suas características cinemáticas, de variabilidade, de ativação muscular, de adaptações do controle neuromuscular, etc (STULL et. al, 1988a, 1988b; SFORZA et. al, 2000, 2001; WITTE et. al, 2005; EMMERMACHER et. al, 2005; HOFMANN et. al, 2008; SUWARGANDA et. al, 2009;

SØRENSEN et. al, 1996; SFORZA et. al, 2002; SBRICCOLI et. al, 2010; POZO et. al, 2011).

Baseado na importância destes golpes para a modalidade, identificar variáveis biomecânicas durante a sua execução e em atletas de alto nível competitivo pode ser a chance de contribuir para a análise do desempenho e obter assim valores normativos para atletas da mesma categoria ou inferiores. Assim, no anseio de encontrar tais fatores, é formulado o seguinte problema: Quais são as variáveis biomecânicas que melhor traduzem o nível de desempenho em atletas de alto nível e qual o efeito desta alta especialização (atletas de Elite) em relação a atletas de menor qualificação (sub Elite) durante a execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar quais indicadores biomecânicos diferenciam o desempenho de atletas de diferentes níveis competitivos no Karatê durante a realização dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar parâmetros dinamométricos durante a flexão e extensão isométrica e isocinética das articulações do ombro, cotovelo, joelho e quadril de atletas de diferentes níveis competitivos no karatê;
- Analisar parâmetros temporais da execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri em atletas de diferentes níveis competitivos no karatê;
- Analisar parâmetros dinâmicos na execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri em atletas de diferentes níveis de experiência no karatê;
- Analisar parâmetros coordenativos da execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri e sua variabilidade em atletas de diferentes níveis de experiência no karatê;
- Analisar parâmetros eletromiográficos do relacionamento de músculos envolvidos na execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri em atletas de diferentes níveis competitivos no karatê;

3. ARTIGOS

Neste capítulo estão apresentados os artigos que compõem a presente Tese, assim intitulados:

3.1. Parâmetros Temporais, Cinéticos e Cinemáticos do Soco Gyaku Tsuki. Comparação do desempenho de atletas de Karatê de Elite e Sub-elite;

3.2. Comparação de parâmetros biomecânicos do Chute Frontal Mae Geri entre Karatecas de Elite e Sub-elite;

3.3. Parâmetros Coordenativos Intra-segmentos na execução do Soco “Gyaku Tsuki” - Comparação de atletas de Karatê de Sub-elite e Elite;

3.4. Indicadores da Coordenação Intra-segmentos de Karatecas de Sub-elite e Elite durante a execução do Chute Frontal “Mae Geri”;

3.5. Indicadores do Controle Neuromuscular de Atletas de Karatê de Sub-elite e Elite na Performance do Gyaku Tsuki;

3.1. Parâmetros Temporais, Cinéticos e Cinemáticos do Soco Gyaku Tsuki. Comparação do desempenho de atletas de Karatê de Elite e Sub-elite

Introdução

O Karatê, cuja palavra é de origem japonesa, significa mãos vazias e é uma das versões para a arte do combate desarmado (ROSSI & TIRAPEGUI, 2007). Desenvolvida no sul do Japão, na ilha de Okinawa, em meados do século XVIII, a prática do Karatê foi motivada em resposta à necessidade do uso de técnicas de luta efetivas sem a utilização de armas (WKF, 2013). É uma arte marcial que procura utilizar os movimentos dos membros superiores e inferiores que exigem do executante velocidade, técnica, precisão de movimento, e em especial, uma eficiente tomada de decisão durante a defesa, ataque e contra ataque aos golpes recebidos (SBRICCOLI et al., 2010).

Segundo Witte et. al (2005) e Emmermacher et. al (2005) o Gyaku Tsuki é um soco executado com o avanço da mão juntamente com o avanço do membro inferior contralateral na postura Zen Kutsu Dachi na qual o atleta está com um membro inferior a frente e com joelho flexionado e o outro membro com o quadril e joelho estendido, ambos em contato com o solo, sendo uma técnica extremamente utilizada na modalidade Kumite “luta” (HOFMANN et al., 2008).

Dentre os golpes utilizados no Karatê, a frequência de utilização do Gyaku Tsuki representa 50 % do total de técnicas utilizadas em um combate oficial de Karatê (CHAABÈNE et. al, 2014).

O sucesso no desporto exige não só a execução eficiente de padrões motores, mas também um elevado nível de capacidade de percepção. Esportes de alto nível competitivo são caracterizados por restrições espaciais e temporais severas impostas sobre o atleta por regulamentos e adversários (WILLIAMS et. al, 1999).

O Tempo de Reação (TR) é um importante indicador da velocidade de processamento da informação, sendo interpretado na literatura como o tempo entre a apresentação de um estímulo e o início da resposta motora (VAGHETTI et al., 2007).

Pode-se subdividir o TR em dois períodos: pré-motor (TPM) e motor (TM). O primeiro (TPM) corresponde ao intervalo de tempo entre o estímulo visual e a imediata mudança no nível de ativação do músculo detectado pela eletromiografia. O segundo

(TM) refere-se ao intervalo de tempo entre o TPM e o início de um movimento perceptível do membro solicitado (SCHMITD & LEE, 1999).

No sentido de identificar parâmetros biomecânicos que possam se relacionar ao desempenho no Karatê, este estudo traz a comparação de variáveis temporais, dinamométricas, cinéticas e cinemáticas entre atletas de Elite e Sub-elite na execução do Gyaku Tsuki.

Método

Amostra

De acordo com a análise de poder estatístico conduzida nos dados piloto deste estudo, para teste de diferenças entre duas médias independentes (dois grupos), e utilizando o software G*Power[®] (versão 3.1.9.2), foi estimada uma amostra de 12 atletas, 6 em cada grupo, para condições de 80% de poder e um effect size entre 0.5 e 0.8. Esta estimativa foi baseada em uma diferença detectável de 1.0, mínima correlação de 0.8 e alpha (α) de 0,05 em 4 variáveis de importância deste estudo (COHEN, 1992; FAUL et. al, 2007).

Participaram do estudo 14 voluntários do gênero masculino, na faixa etária de 18 a 35 anos, praticantes competitivos de Karatê, os quais foram divididos em 2 subgrupos, de acordo com seu nível competitivo atual: grupo elite (GE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível nacional ou internacional (Idade: $26,300 \pm 6,900$ anos; Massa Corporal: $77,471 \pm 12,758$ kg; Estatura: $1,711 \pm 0,077$ m; Percentual de Gordura: $12,586 \pm 6,678$ %); e grupo Sub-elite (GSE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível regional ou estadual (Idade: $27,514 \pm 6,136$ anos; Massa Corporal: $75,064 \pm 8,938$ kg; Estatura: $1,716 \pm 0,062$ m; Percentual de Gordura: $15,114 \pm 5,894$ %).

Os critérios de exclusão dos participantes consistiram da presença de dor, fratura, ou lesão grave em tecidos moles nos 6 meses progressos ao estudo, bem como histórico de alterações cognitivas, neurológicas, cardiovasculares ou respiratórias. Tais critérios foram investigados através de entrevista prévia ao início das avaliações.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética Local e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Procedimentos de Coleta de Dados

Avaliação Antropométrica e Dinamométrica.

No que diz respeito à antropometria foram coletadas: a massa corporal, estatura, dobras cutâneas do Tórax, Abdominal e Coxa (JACKSON & POLLOCK, 1978) com os quais foi calculado o percentual de gordura corporal (SIRI, 1961).

Para a avaliação dinamométrica foi utilizado o equipamento System 4 PRO (Biodex) com os acessórios para ombro e cotovelo, os quais foram ajustados no centro articular dos mesmos conforme recomendações do fabricante.

Antes do início do protocolo de avaliação dinamométrica foi feita uma familiarização do voluntário com o equipamento, a qual foi composta por 03 contrações submáximas e 02 contrações máximas para cada articulação a ser avaliada (CORVINO, et al., 2009).

Foram avaliadas contrações do tipo isocinética, concêntrica, na velocidade de 60°/s com amplitude de movimento de 120°, (- 30° à 90°) para a articulação do ombro e (0° à 120°) para a articulação do cotovelo. A ordem das articulações foi definida de modo aleatório. Foram realizadas 05 repetições do movimento de flexão e extensão para cada velocidade.

Avaliação dos golpes

Por ser um dos golpes mais utilizados durante a prática do Karatê, foi escolhido o Gyaku Tsuki (soco invertido), (HOFMANN et al., 2008) (Figura 1).

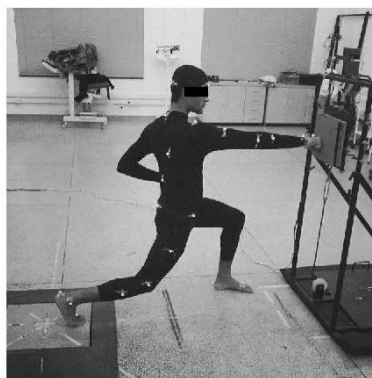


Figura 1. Execução do GyakuTsuki

Para a captação dos sinais eletromiográficos durante a aplicação dos golpes, foi

utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos via wireless (Noraxon[®]) de 16 canais, calibrado com frequência de amostragem de 1500 Hz, ganho total de 2000 vezes (20 vezes no sensor e 100 vezes no equipamento), filtro passa alta de 20 Hz, filtro passabaixa de 500 Hz. Foram utilizados eletrodos de superfície de Ag/AgCl (Meditrace[®]), em configuração bipolar, com área de captação de 1cm de diâmetro e distância inter-eletrodos de 2cm. Os eletrodos foram posicionados no lado dominante, nos músculos Tensor da Fáscia Lata (TFL) e Glúteo Máximo (GM), segundo as normas da SENIAM (HERMENS et al., 2000).

A coleta dos dados cinemáticos foi realizada simultaneamente aos dados eletromiográficos durante a realização dos golpes. Para isto utilizou-se de 07 câmeras T10 com 250 fps (Vicon[®]) e *software* cinemático Vicon Nexus (Vicon[®]). Para a reconstrução do movimento, marcadores básicos (Vicon[®]) foram fixados bilateralmente, de acordo com o modelo PluginGait para corpo inteiro (Vicon[®]).

Os golpes foram realizados sobre um alvo instrumentalizado no Laboratório de Biomecânica da Unesp (Figura 2A), composto de Leds, os quais foram estímulos visuais ao voluntário que em seguida realizava o golpe atingindo um sensor de contato, que gerava um estímulo simultâneo aos outros equipamentos utilizados sendo assim um marcador do final da realização do movimento. Este sensor de contato era composto de um sensor piezoelétrico de 30 mm fixado a um bloco de Etil Vinil Acetato com dimensões de 24 cm x 27 cm. (Figura 2B). Tanto o sistema de Leds como o sensor de contato foram controlados por uma placa micro controladora Arduino modelo “MEGA 2560” (Figura 2C).

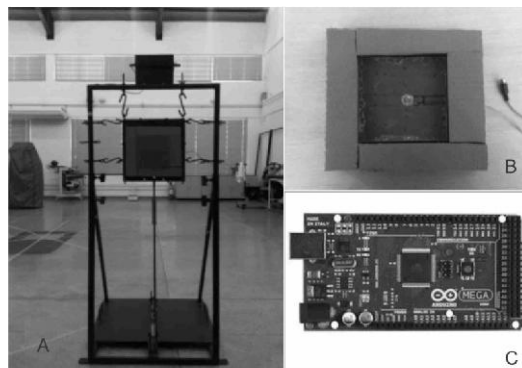


Figura 2. (A) Alvo Instrumentalizado; (B) Sensor de contato; (C) Arduino modelo MEGA 2560.

Tanto o *firmware* alocado na placa como o *software* que comanda o sistema de

Leds e sensor de contato foi desenvolvido em linguagem C++. Os sinais provenientes do alvo instrumentado foram sincronizados com o sistema de aquisição de sinais biológicos via wireless (Noraxon[®]) e unidade analógico-digital Vicon[®] através de input analógico emitido aos dois sistemas simultaneamente.

Cinco golpes foram realizados unilateralmente, e iniciados de acordo com o estímulo visual fornecido pelo sistema de Leds. O sujeito estava posicionado de forma que o pé do membro inferior dominante estivesse sobre a Plataforma de força AMTI[®] (Figura 1).

A validade do golpe foi avaliada por um árbitro da Federação Paulista de Karatê, o qual após a execução de cada golpe pelo atleta dava o comando para parar, voltar à posição inicial e reiniciar. Durante todo procedimento de avaliação dos golpes foram coletados os dados eletromiográficos e cinemáticos.

Análise dos dados

Os dados foram processados e analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab, versão 8.5.0.197613 (Mathworks[®], Inc.).

Primeiramente, os dados antes de sua filtragem foram processados por meio de análise residual (WINTER, 1990), para estabelecimento de suas frequências de corte ideais, sendo que os dados de Torque foram filtrados com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 8 Hz; o sinal da análise cinemática com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 6 Hz e os dados de Força de Reação do solo com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 95 Hz.

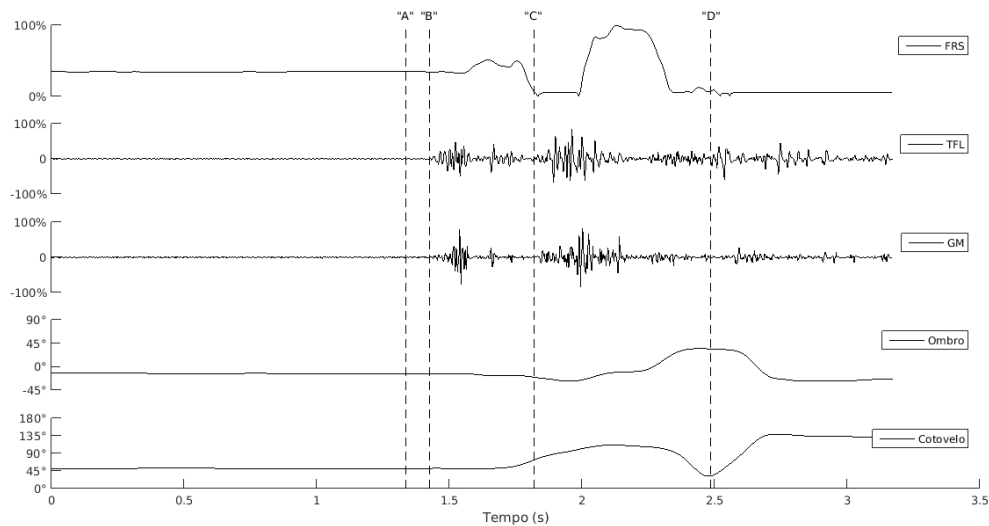


Figura 3. Variáveis cinéticas, cinemáticas e eletromiográficas obtidas durante a execução do golpe GyakuTsuki do karatê. FRS – Resultante das Forças de Reação do Solo, TFL – Sinal EMG do Tensor da Fáscia Lata, GM – Sinal EMG do Glúteo Máximo, Ombro – Angulação do Ombro, Cotovelo – Angulação do cotovelo. “A” - Estímulo visual, “B” - Onset da ativação muscular, “C” - Onset de movimento e “D” - Impacto com o Alvo.

Para a detecção do *onset* da ativação muscular, o sinal eletromiográfico dos músculos Tensor da Fáscia Lata e Glúteo Máximo foram submetidos a um operador de energia não-linear Teager-Kaiser, o qual é capaz de realçar a atividade das unidades motoras e assim fornecer uma metodologia mais robusta de detecção do *onset* (LI et. al, 2007). Foi determinado como *onset* da ativação muscular o menor tempo de onset entre os músculos analisados.

O *onset* de movimento foi determinado por meio do método de limiar aplicado sobre a curva de deslocamento antero-posterior do Centro de Pressão (COP), onde o instante de *onset* é maior ou igual à média mais 3 Desvios Padrão calculados na linha base.

O Tempo de Reação foi dividido em dois períodos: pré-motor (TPM) e motor (TM). O primeiro (TPM) corresponde ao intervalo de tempo entre o estímulo visual e o *onset* da ativação muscular. O segundo (TM) refere-se ao intervalo de tempo entre o TPM e o *onset* de movimento. Já o Tempo de Movimento (TMOV) corresponde ao intervalo entre o *onset* de movimento e o contato com o alvo.

Os dados de torque foram normalizados pela massa corporal do sujeito afim de isolar o efeito da massa corporal nestas variáveis.

O intervalo de aplicação de carga da Resultante das Forças de Reação do Solo

analisado neste estudo teve início no *onset* de ativação muscular “B” e final no *onset* de movimento “C” (Figura 3.). O tempo de aplicação de carga foi calculado como o intervalo entre o *onset* de ativação muscular “B” e o Pico de carga da Resultante das FRS. A Taxa de Desenvolvimento de carga da curva da Resultante das Forças de Reação do Solo em relação ao Tempo foi calculada de acordo com a Equação 1..

$$i = \text{Onset de movimento} \dots \text{Pico da FRS}$$

$$TD_carga_i = \frac{(FRS_{i+1} - FRS_i)}{(Tempo_{i+1} - Tempo_i)}$$

Equação 1. Taxa de Desenvolvimento de Carga da resultante da FRS

Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do *software PASW statistics 18.0* (SPSS®). Após verificação da normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk foi realizado o Teste T para amostras independentes nos dados paramétricos e o teste de U Mann-Whitney para os não-paramétricos, afim de comparar as variáveis nos dois grupos. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Os resultados estão disponíveis em média \pm desvio padrão nos dados paramétricos e mediana (intervalo interquartil) nos dados não-paramétricos, seguidos da significância apresentada pelo teste utilizado para comparação entre os grupos.

Na Tabela 1. são apresentados os dados dinamométricos da avaliação isocinética à 60°/s da articulação do Ombro e Cotovelo, pelos quais se verificam que os atletas de Elite apresentam maiores valores de Trabalho Total e Potência Média durante o movimento de flexão do cotovelo em relação aos atletas Sub-elite, não ocorrendo diferenças quando analisadas na articulação do ombro entre os grupos.

Tabela 1 – Variáveis da Dinamometria Isocinética de flexão e extensão do Ombro e do Cotovelo

| | Ombro | | | Cotovelo | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| | Sub-élite | Elite | p | Sub-élite | Elite | p |
| Extensão | | | | | | |
| Pico Torque (N.m.kg ⁻¹) | 1,080 ± 0,104 | 1,100 ± 0,181 | 0,802 | 0,817 ± 0,195 | 0,874 ± 0,141 | 0,542 |
| Ang Pico Torque (°) | 85,000 (10,000) | 81,000 (18,000) | 0,746 | 62,857 ± 9,494 | 53,000 ± 18,321 | 0,230 |
| Trabalho Total (J.kg ⁻¹) | 1,402 ± 0,242 | 1,463 ± 0,346 | 0,709 | 1,320 ± 0,255 | 1,461 ± 0,298 | 0,361 |
| Potencia Média (W.kg ⁻¹) | 0,570 ± 0,118 | 0,655 ± 0,130 | 0,227 | 0,589 ± 0,141 | 0,624 ± 0,106 | 0,606 |
| Flexão | | | | | | |
| Pico Torque (N.m.kg ⁻¹) | 0,983 ± 0,136 | 1,018 ± 0,132 | 0,629 | 0,584 ± 0,100 | 0,710 ± 0,131 | 0,065 |
| Ang Pico Torque (°) | -20,000 (11,000) | 10,000 (111,000) | 0,367 | 33,143 ± 31,238 | 47,143 ± 16,906 | 0,324 |
| Trabalho Total (J.kg ⁻¹) | 1,506 ± 0,247 | 1,568 ± 0,315 | 0,687 | 0,954 ± 0,190 | 1,193 ± 0,204 | 0,042 |
| Potencia Média (W.kg ⁻¹) | 0,632 ± 0,094 | 0,657 ± 0,110 | 0,653 | 0,407 ± 0,104 | 0,522 ± 0,083 | 0,041 |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

De acordo com os resultados da Tabela 2, os atletas do grupo Elite demonstraram diferenças significativas em praticamente todas as variáveis temporais (Tempo Motor – TM; Tempo de Reação – TR e Tempo de Movimento - TMOV), com menores intervalos de tempo, com exceção do Tempo Pré-Motor - TPM, que mostrou-se similar entre os grupos.

Tabela 2 – Variáveis Temporais obtidas durante a execução do golpe Gyaku Tsuki do Karatê

| | Sub-élite | Elite | p |
|----------|---------------|---------------|-------|
| TPM (s) | 0,131 (0,042) | 0,115 (0,086) | 0,084 |
| TM (s) | 0,233 (0,175) | 0,093 (0,091) | 0,003 |
| TR (s) | 0,352 (0,112) | 0,237 (0,067) | 0,047 |
| TMOV (s) | 0,909 (0,096) | 0,823 (0,149) | 0,000 |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Na Tabela 3 são apresentadas as variáveis derivadas da Resultante das Forças de Reação do Solo, como o Pico, o Tempo e a Taxa de Desenvolvimento de carga, onde apenas a taxa de desenvolvimento de carga possui diferença estatisticamente significativa, sendo maior no grupo Elite.

Tabela 3 – Variáveis da Resultante das Forças de Reação do Solo obtidas durante a execução do golpe Gyaku Tsuki do Karatê

| | Sub-élite | Elite | p |
|---|-----------------|------------------|-------|
| Pico_carga_FRS (N.kg ⁻¹) | 16,242 (2,374) | 16,029 (4,862) | 0,224 |
| Tempo_carga_FRS (s) | 0,210 ± 0,094 | 0,171 ± 0,078 | 0,060 |
| TD_carga (N.kg ⁻¹ .s ⁻¹) | 66,686 (54,022) | 104,422 (93,485) | 0,033 |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Com relação à análise cinemática da execução do Gyaku Tsuki, os dados da Tabela 4. apontam que o grupo Elite desempenha menor amplitude de movimento do Ombro, com maior potência durante a flexão do mesmo. Durante a extensão do cotovelo o grupo Elite desempenha maior potência, assim como maior pico de velocidade e velocidade média na flexão do mesmo.

Tabela 4 – Variáveis Cinemáticas obtidas durante a execução do golpe Gyaku Tsuki do Karatê

| | Sub-elite | Elite | p |
|---|--------------------|--------------------|--------|
| Amp_art_Ombro (°) | 67,481 (13,836) | 56,879 (17,326) | 0,003* |
| Pico_Vel_Ombro_ext (°.s ⁻¹) | 116,030 (114,551) | 206,396 (217,922) | 0,507 |
| Vel_media_Ombro_ext (°.s ⁻¹) | 36,514 (32,834) | 28,428 (51,125) | 0,421 |
| Pico_Vel_Ombro_fle (°.s ⁻¹) | 545,417 (222,962) | 548,265 (239,350) | 0,449 |
| Vel_media_Ombro_fle (°.s ⁻¹) | 185,201 (205,143) | 141,731 (247,693) | 0,651 |
| Pico_Power_Ombro_fle (W.kg ⁻¹) | 1,264 ± 0,728 | 2,137 ± 0,976 | 0,000* |
| Amp_art_Cotovelo (°) | 91,526 ± 11,931 | 86,413 ± 17,028 | 0,150 |
| Pico_Vel_Cotovelo_ext (°.s ⁻¹) | 1080,697 ± 230,727 | 1092,256 ± 241,603 | 0,838 |
| Vel_media_Cotovelo_ext (°.s ⁻¹) | 589,156 (492,828) | 638,553 (357,808) | 0,414 |
| Pico_Power_Cotovelo_ext (W.kg ⁻¹) | 1,609 (1,965) | 2,489 (1,651) | 0,028* |
| Pico_Vel_Cotovelo_fle (°.s ⁻¹) | 347,498 (144,564) | 422,794 (159,033) | 0,043* |
| Vel_media_Cotovelo_fle (°.s ⁻¹) | 130,286 (24,055) | 164,622 (49,253) | 0,001* |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Discussão

Os atletas que participaram deste estudo apresentaram antropometria semelhante (IMAMURA et. al, 1998; GIAMPIETRO et. al, 2003; POZO et. al, 2011), em ambos os grupos Elite e Sub-elite, garantindo assim a homogeneidade da amostra e não sendo fator interveniente nos resultados obtidos.

No que diz respeito às variáveis envolvidas na produção de Torque durante o teste isocinético na velocidade de 60º/s, o trabalho total e a potência média durante a flexão do cotovelo foram maiores para o grupo Elite. Tal fato pode ser atribuído à prováveis diferenças nas características do treinamento entre os grupos, assim como Probst et. al (2007) e Zehr et. al (1997) evidenciam e atribuem como influência do treinamento de Karatê valores maiores destas variáveis, no grupo de atletas em comparação com o grupo controle de fisicamente ativos.

Durante a execução do GyakuTsuki os sujeitos do grupo Elite apresentaram de forma significativa menor o tempo motor (TM), tempo de reação (TR) e de movimento (TMOV). Mori et. al (2002) demonstram que atletas experientes são superiores na tomada de decisões rápidas e com acurácia. Pieter & Pieter (1995) ao avaliar atletas de Taekwondo de alto nível verificam que para estes atletas o tempo de movimento para golpear um alvo é menor que o tempo de reação para esquivar de um ataque. Milazzo et. al (2014) verificam que o treinamento perceptual sem feedback através de vídeo é capaz de melhorar a tomada de decisão de atletas de elite de karatê.

Com relação à resultante das forças de reação do solo durante a execução do GyakuTsuki, o grupo Elite apresentou uma taxa de desenvolvimento de carga no solo (TD_carga) significativamente maior do que o Sub-elite. Ações decisivas em um combate de Karatê, como o chute ou o soco, são dependentes da potência muscular e

considerando que potência é o produto de força e velocidade, maior potência representa maior velocidade em uma mesma carga relativa (ROSCHEL et. al, 2009). Desta forma, o grupo Elite recebe descarga mais potente da Resultante das Forças de Reação do Solo, otimizando assim sua propulsão em direção ao alvo.

Ao se analisar as variáveis cinemáticas das articulações do ombro e cotovelo durante a realização do golpe Gyaku Tsuki, verificou-se que as diferenças encontradas no pico de potência de flexão do ombro e extensão do cotovelo, assim como no pico de velocidade e velocidade média da flexão do cotovelo, apresentaram-se maiores no grupo elite, o que corrobora o fato de que a velocidade (BLAZEVIC et. al, 2006; RAVIER et. al, 2003) assim como a potência ou força explosiva (RAVIER et. al, 2004) são preditores de desempenho nesta modalidade.

Conclusão

O treinamento de alto nível permite o desenvolvimento reflexo dos praticantes de karatê quando submetidos a estímulos visuais como demonstrado nos atletas do grupo Elite e com conseqüente diminuição do tempo de execução dos golpes, particularmente o Gyaku Tsuki, objeto deste estudo. Este fato é constatado pelo desenvolvimento dos Picos e médias de velocidades angulares produzidas no ombro e cotovelo, assim como a estratégia de propulsão em direção ao alvo, variáveis estas evidenciadas como superiores no grupo Elite em relação ao grupo Sub-elite.

Embora poucas diferenças existam nas variáveis cinéticas e cinemáticas obtidas entre atletas de elite e sub-elite no presente estudo, o que pode ter ocorrido por a capacidade física ser similar entre os mesmos, pode-se afirmar que as variáveis que evidenciaram diferenças podem ser utilizadas para categorizar atletas de karatê quanto ao seu nível de desempenho e no acompanhamento de seus treinos. São necessários futuros trabalhos com enfoque na execução do Gyaku Tsuki para investigar como treinamentos específicos podem incrementar resultados nas variáveis apontadas no presente estudo.

Referências

- BLAZEVIĆ, S.; KATIĆ, R.; POPOVIĆ, D. The effect of motor abilities on karate performance. **Collegium antropologicum**, v. 30, p. 327–333, 2006.
- CHAABANE, H.; MKAOUER, B.; FRANCHINI, E.; SOUISSI, N.; SELMI, M. A.; NAGRA, Y.; CHAMARI, K. Physiological Responses and Performance Analysis Difference between Official and Simulated Karate Combat Conditions. **Asian Journal of Sports**

Medicine, v. 5, n. 1, p. 21–29, 2013.

COHEN, J. Statistical Power Analysis. **Current Directions in Psychological Science**, v. 1, n. 3, p. 98–101, 1992.

CORVINO, R. B.; CAPUTO, F.; OLIVEIRA, A. C. DE; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Taxa de Desenvolvimento de Força em Diferentes Velocidades de Contrações Musculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 6, p. 428–431, 2009.

EMMERMACHER, P.; WITTE, K.; HOFMANN, M. **Acceleration Course of Fist Push of Gyaku-Zuki**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior research methods**, v. 39, n. 2, p. 175–91, 2007.

GIAMPIETRO, M.; PUJIA, A.; BERTINI, I. Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. **Acta Diabetologica**, v. 40, p. 0–3, 2003.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–74, 2000.

HOFMANN, M.; WITTE, K.; EMMERMACHER, P. **Biomechanical Analysis of Fist Punch Gyaku-Zuki in Karate**. XXVI International Conference on Biomechanics in Sports. **Anais**. Seoul, Korea: 2008

IMAMURA, H.; YOSHIMURA, Y.; UCHIDA, K.; NISHIMURA, S.; NAKAZAWA, A. T. Maximal Oxygen Uptake , Body Composition and Strength of Highly Competitive and Novice Karate Practitioners. **Applied Human Science - Journal of Physiological Anthropology**, v. 17, n. 5, p. 215–218, 1998.

LI, X.; ZHOU, P.; ARUIN, A. S. Teager-Kaiser energy operation of surface EMG improves muscle activity onset detection. **Annals of biomedical engineering**, v. 35, n. 9, p. 1532–8, 2007.

MILAZZO, N.; FARROW, D.; FOURNIER, J. F. Enhancing the decision making of skilled karate athletes with a "no-feedback" perceptual training program. **Archives of Budo**, v. 10, p. 261–271, 2014.

MORI, S.; OHTANI, Y.; IMANAKA, K. Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. **Human movement science**, v. 21, n. 2, p. 213–30, 2002.

POZO, J.; BASTIEN, G.; DIERICK, F. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: comparison of national and international standard karate athletes. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 14, p. 1553–61, 2011.

- PROBST, M. M.; FLETCHER, R.; SEELIG, D. S. A comparison of lower-body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 21, n. 2, p. 451–5, 2007.
- RAVIER, G.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J. D. Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 44, p. 349–355, 2004.
- ROSCHER, H.; BATISTA, M.; MONTEIRO, R.; BERTUZZI, R. C.; BARROSO, R.; LOTURCO, I.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; FRANCHINI, E. Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian karate national team. **Journal of sports science & medicine**, v. 8, n. CSSI3, p. 20–4, 2009.
- ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê. **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**, v. 15, n. 3, p. 39–46, 2007.
- SBRICCOLI, P.; CAMOMILLA, V.; DI MARIO, A.; QUINZI, F.; FIGURA, F.; FELICI, F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1269–80, 2010.
- SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1999.
- SHO, G.; DAI, G.; MEIKYO. **O melhor do Karatê**. Ed. Cultrix, 1 ed., São Paulo, 2002.
- SIRI, W. E. *Body composition from fluid space and density*. In J. Brozek & A. Hanschel (Eds.), *Techniques for measuring body composition* Washington, DC: National Academy of Science. pp. 223-244, 1961.
- VAGHETTI, C. A. O.; ROESLER, H.; ANDRADE, A. Tempo de reação simples auditivo e visual em surfistas com diferentes níveis de habilidade: comparação entre atletas profissionais, amadores e praticantes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 2, p. 81–85, 2007.
- WILLIAMS, A. M.; DAVIDS, K.; WILLIAMS, J. G. **Visual perception and action in sport**. London: E & FN Spon, 1999.
- WINTER, D. A. Muscle Mechanics. In: **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Second Edition. Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1990.
- WITTE, K.; EMMERMACHER, P.; HOFMANN, M.; SCHWAB, K.; WITTE, H. **Electromyographic Researches of Gyaku-Zuki in Karate Kumite**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005.
- WORLD KARATE FEDERATION. **Kata and Kumite Competition - Rules revision 8.0 - Effective from 1.1.2013**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wkf.net/pdf/wkf-kataandkumite-competition-rules.pdf>>.
- ZEHR, E. P.; SALE, D. G.; DOWLING, J. J. Ballistic movement performance in karate

athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 10, p. 1366–73, 1997.

3.2. Comparação de parâmetros biomecânicos do Chute Frontal Mae Geri entre Karatecas de Elite e Sub-elite

Introdução

Esportes de combate assumiram um lugar de destaque no cenário do esporte atualmente, e o Karatê representa um dos esportes de combate mais populares do mundo (CHAABÈNE et al., 2012).

A eficiência dos golpes no Karatê está associada à execução de movimentos precisos e rápidos, tanto de ataque como de defesa, a partir da percepção e interpretação de estímulos externos (SBRICCOLI et al., 2010).

O Mae geri é um chute frontal, considerado uma técnica de simples execução porém muito eficiente e muito utilizada em competições (DWORAK et. al, 2005).

Desempenho de sucesso no desporto exige não só a execução eficiente de padrões motores, mas também um elevado nível de capacidade de percepção. Esportes de alto nível competitivo são caracterizados por restrições espaciais e temporais severas impostas sobre o atleta por regulamentos e adversários (WILLIAMS et. al, 1999).

O Tempo de Reação (TR) é um importante indicador da velocidade de processamento da informação, sendo interpretado na literatura como o tempo entre a apresentação de um estímulo e o início da resposta motora (VAGHETTI et al., 2007). Pode-se subdividir o TR em dois períodos: pré-motor (TPM) e motor (TM). O primeiro (TPM) corresponde ao intervalo de tempo entre o estímulo visual e a primeira mudança no nível de ativação do músculo detectado pela eletromiografia. O segundo (TM) refere-se ao intervalo de tempo entre o primeiro sinal eletromiográfico e o início de um movimento perceptível da parte solicitada (SCHMITD & LEE, 1999).

Portanto, este estudo pretende apresentar a comparação entre atletas de Elite e Sub-elite de Karatê em parâmetros temporais, dinamométricos, cinéticos e cinemáticos que envolvem a performance do Chute Frontal Mae Geri.

Método

Amostra

De acordo com a análise de poder estatístico conduzida nos dados piloto deste

estudo, para teste de diferenças entre duas médias independentes (dois grupos), e utilizando o software G*Power[®] (versão 3.1.9.2), foi estimada uma amostra de 12 atletas, 6 em cada grupo, para condições de 80% de poder e um effect size entre 0.5 e 0.8. Esta estimativa foi baseada em uma diferença detectável de 1.0, mínima correlação de 0.8 e alpha (α) de 0,05 em 4 variáveis de importância deste estudo (COHEN, 1992; FAUL et. al, 2007).

Participaram do estudo 14 voluntários do gênero masculino, na faixa etária de 18 a 35 anos, praticantes competitivos de Karatê, os quais foram divididos em 2 subgrupos, de acordo com seu nível competitivo atual: grupo elite (GE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível nacional ou internacional (Idade: $26,300 \pm 6,900$ anos; Massa Corporal: $77,471 \pm 12,758$ kg; Estatura: $1,711 \pm 0,077$ m; Percentual de Gordura: $12,586 \pm 6,678$ %); e grupo Sub-elite (GSE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível regional ou estadual (Idade: $27,514 \pm 6,136$ anos; Massa Corporal: $75,064 \pm 8,938$ kg; Estatura: $1,716 \pm 0,062$ m; Percentual de Gordura: $15,114 \pm 5,894$ %).

Os critérios de exclusão dos participantes consistiram da presença de dor, fratura, ou lesão grave em tecidos moles nos 6 meses pregressos ao estudo, bem como histórico de alterações cognitivas, neurológicas, cardiovasculares ou respiratórias. Tais critérios foram investigados através de entrevista prévia ao início das avaliações.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética Local e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Procedimentos de Coleta de Dados

Avaliação Antropométrica e Dinamométrica.

No que diz respeito à antropometria foram coletadas: a massa corporal, estatura, dobras cutâneas do Tórax, Abdominal e Coxa (JACKSON & POLLOCK, 1978) com os quais foi calculado o percentual de gordura corporal (SIRI, 1961).

Para a avaliação dinamométrica foi utilizado o equipamento System 4 PRO (Biodex) com os acessórios para quadril e joelho, os quais foram ajustados no centro articular dos mesmos conforme recomendações do fabricante.

Antes do início do protocolo de avaliação dinamométrica foi feita uma familiarização do voluntário com o equipamento, a qual foi composta por 03 contrações

submáximas e 02 contrações máximas para cada articulação a ser avaliada (CORVINO, et al.,2009).

Foram avaliadas contrações do tipo isocinética, concêntrica, na velocidade de 60°/s com amplitude de movimento de 60° (0° à 60°) para a articulação do Quadril e 90° (0° à 90°) para a articulação do Joelho. A ordem das articulações foi definida de modo aleatório. Foram realizadas 05 repetições do movimento de flexão e extensão para cada velocidade.

Avaliação de Golpes

O golpe analisado neste estudo foi o Mae Geri “Chute Frontal” (NAKAYAMA, 1986) (Figura 1).



Figura 1. Execução do golpe Mae Geri do Karatê

Para a captação dos sinais eletromiográficos durante a aplicação dos golpes, foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos via wireless (Noraxon®) de 16 canais, calibrado com frequência de amostragem de 1500 Hz, ganho total de 2000 vezes (20 vezes no sensor e 100 vezes no equipamento), filtro passa alta de 20 Hz, filtro passa baixa de 500 Hz. Foram utilizados eletrodos de superfície de Ag/AgCl (Meditrace®), em configuração bipolar, com área de captação de 1cm de diâmetro e distância inter-eletrodos de 2cm. Os eletrodos foram posicionados no lado dominante, nos músculos Tensor da Fáscia Lata (TFL), Glúteo Máximo (GM), segundo as normas da SENIAM (HERMENS et al., 2000).

A coleta dos dados cinemáticos foi realizada simultaneamente aos dados eletromiográficos durante a realização dos golpes. Para isto utilizou-se de 07 câmeras T10 com 250 fps (Vicon®) e *software* cinemático Vicon Nexus (Vicon®). Para a

reconstrução do movimento, marcadores básicos (Vicon[®]) foram fixados bilateralmente, de acordo com o modelo PluginGait para corpo inteiro (Vicon[®]).

Os golpes foram realizados sobre um alvo instrumentalizado no Laboratório de Biomecânica da Unesp (Figura 2.A), composto de Leds, os quais foram estímulos visuais ao voluntário que em seguida realizava o golpe atingindo um sensor de contato, que gerava um estímulo simultâneo aos outros equipamentos utilizados sendo assim um marcador do final da realização do movimento. Este sensor de contato era composto de um sensor piezoelétrico de 30 mm fixado a um bloco de Etil Vinil Acetato com dimensões de 24 cm x 27 cm. (Figura 2.B). Tanto o sistema de Leds como o sensor de contato foram controlados por uma placa micro controladora Arduino modelo “MEGA 2560” (Figura 2.C).

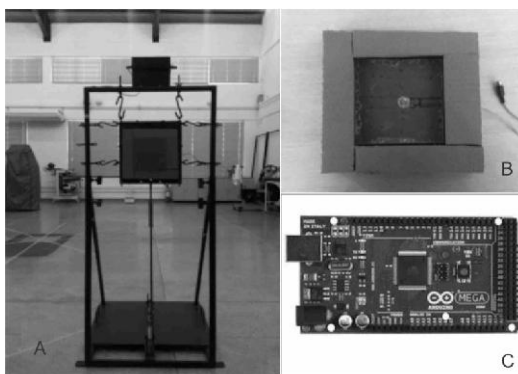


Figura 2.(A) Alvo Instrumentalizado (B) sensor de contato (C) Arduino modelo MEGA 2560

Tanto o firmware alocado na placa como o software que comanda o sistema de Leds e o sensor de contato foram desenvolvidos em linguagem C++ no Laboratório de Biomecânica da Unesp. Os sinais provenientes do alvo instrumentado foram sincronizados com o sistema de aquisição de sinais biológicos via wireless (Noraxon[®]) e a unidade analógico-digital Vicon[®] através de input analógico emitido aos dois sistemas simultaneamente.

Cinco golpes foram realizados unilateralmente, e iniciados de acordo com o estímulo visual fornecido pelo sistema de Leds. O sujeito estava posicionado de forma que o pé do membro inferior dominante estivesse sobre a Plataforma de força AMTI[®] (Figura 1).

A validade do golpe foi avaliada por um árbitro da Federação Paulista de Karatê,

o qual após a execução de cada golpe pelo atleta dava o comando para parar, voltar à posição inicial e reiniciar. Durante todo procedimento de avaliação dos golpes foram coletados os dados eletromiográficos e cinemáticos.

Análise dos dados

Os dados foram processados e analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab, versão 8.5.0.197613 (Mathworks[®], Inc.).

Primeiramente, os dados antes de sua filtragem foram processados por meio de análise residual (WINTER, 1990), para estabelecimento de suas frequências de corte ideais, sendo que os dados de Torque foram filtrados com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 8 Hz, o sinal da análise cinemática com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 6 Hz e os dados de Força de Reação do solo com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 95 Hz.

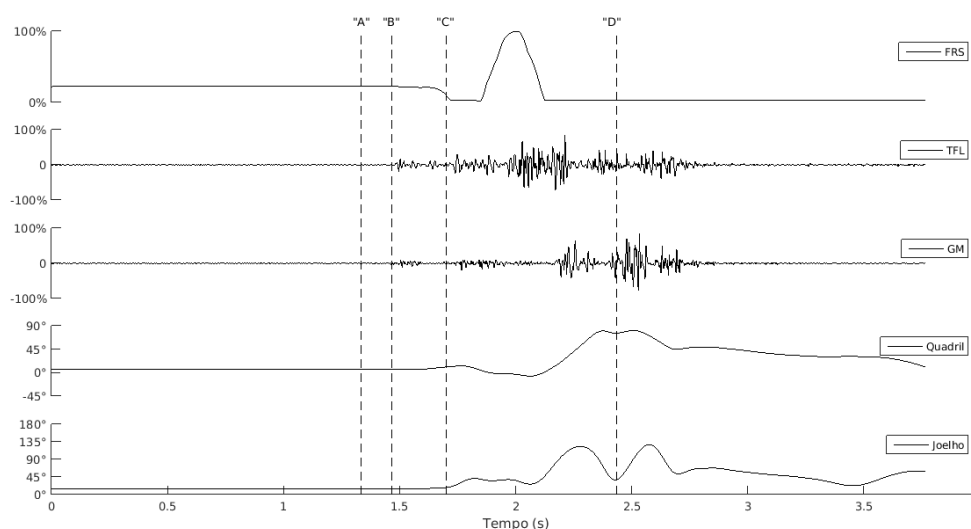


Figura 3. Eventos da execução do Mae Geri. FRS – Resultante das Forças de Reação do Solo, TFL – Sinal EMG do Tensor da Fascia Lata, GM – Sinal EMG do Glúteo Máximo, Quadril – Angulação do Quadril, Joelho – Angulação do Joelho. “A” - Estímulo visual, “B” - Onset da ativação muscular, “C” - Onset de movimento e “D” - Impacto com o Alvo.

Para a detecção do onset da ativação muscular, o sinal eletromiográfico dos músculos Tensor da Fascia Lata e Glúteo Máximo foram submetidos à um operador de energia não-linear Teager-Kaiser, o qual é capaz de realçar a atividade das unidades motoras e assim fornecer uma metodologia mais robusta de detecção do onset (LI et. al, 2007). Foi determinado como onset da ativação muscular o menor tempo de onset entre os músculos analisados.

O onset de movimento foi determinado através do método de limiar aplicado sobre a curva de deslocamento antero-posterior do Centro de Pressão (COP), onde o instante de onset é maior ou igual à média mais 3 Desvio Padrão calculados na linha base.

O Tempo de Reação foi dividido em dois períodos: pré-motor (TPM) e motor (TM). O primeiro (TPM) corresponde ao intervalo de tempo entre o estímulo visual e o *onset* da ativação muscular. O segundo (TM) refere-se ao intervalo de tempo entre o TPM e o *onset* de movimento. Já o Tempo de Movimento (TMOV) corresponde ao intervalo entre o *onset* de movimento e o contato com o alvo.

Os dados de torque foram normalizados pela massa corporal do sujeito afim de isolar o efeito da massa corporal nestas variáveis.

O intervalo de aplicação de carga da Resultante das Forças de Reação do Solo analisado neste estudo teve início no Onset de ativação muscular “B” e final no Onset de movimento “C” (Figura 3.). O tempo de aplicação de carga foi calculado como o intervalo entre o Onset de ativação muscular “B” e o Pico de carga da Resultante das FRS. A Taxa de Desenvolvimento de carga da curva da Resultante das Forças de Reação do Solo x Tempo foi calculada de acordo com a Equação 1..

$i = \text{Onset de movimento} \dots \text{Pico da FRS}$

$$TD_carga_i = \frac{(FRS_{i+1} - FRS_i)}{(Tempo_{i+1} - Tempo_i)}$$

Equação 1. Taxa de Desenvolvimento de Carga da resultante da FRS

Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do software PASW *statistics* 18.0 (SPSS®). Após verificação da normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk foi realizado o Teste T para amostras independentes nos dados paramétricos e o teste de U Mann-Whitney para os não-paramétricos, afim de comparar as variáveis nos dois grupos. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Os resultados estão disponíveis em média \pm desvio padrão nos dados paramétricos e mediana (intervalo interquartil) nos dados não-paramétricos, seguidos da significância apresentada pelo teste utilizado para comparação entre os grupos.

Na Tabela 1, onde podem ser visualizados os dados dinamométricos da avaliação isocinética à 60°/s das articulações do Quadril e Joelho, podemos assinalar que os atletas de Elite apresentaram maiores valores na variável de Trabalho Total durante o movimento de flexão tanto do Quadril como do Joelho.

Tabela 1 – Variáveis da Dinamometria Isocinética de flexão e extensão do Quadril e do Joelho

| | Quadril | | | Joelho | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| | Sub-elite | Elite | p | Sub-elite | Elite | p |
| Extensão | | | | | | |
| Pico Torque (N.m.kg ⁻¹) | 2,864 ± 0,712 | 3,185 ± 0,453 | 0,335 | 2,899 ± 0,319 | 2,770 ± 0,241 | 0,410 |
| Ang Pico Torque (°) | 47,571 ± 6,828 | 52,857 ± 6,176 | 0,155 | 64,000 (11,000) | 64,000 (19,000) | 0,441 |
| Trabalho Total (J.kg ⁻¹) | 1,980 ± 0,449 | 2,290 ± 0,398 | 0,197 | 2,778 ± 0,302 | 2,775 ± 0,219 | 0,982 |
| Potencia Média (W.kg ⁻¹) | 1,738 ± 0,581 | 1,950 ± 0,269 | 0,397 | 1,794 ± 0,391 | 1,640 ± 0,164 | 0,353 |
| Flexão | | | | | | |
| Pico Torque (N.m.kg ⁻¹) | 2,004 ± 0,229 | 2,196 ± 0,138 | 0,082 | 1,518 ± 0,258 | 1,698 ± 0,182 | 0,158 |
| Ang Pico Torque (°) | 18,286 ± 5,736 | 15,571 ± 5,318 | 0,377 | 31,000 (28,000) | 31,000 (21,000) | 0,608 |
| Trabalho Total (J.kg ⁻¹) | 1,526 ± 0,164 | 1,726 ± 0,173 | 0,047 | 1,729 ± 0,174 | 2,034 ± 0,264 | 0,025 |
| Potencia Média (W.kg ⁻¹) | 1,293 (0,400) | 1,363 (0,234) | 0,655 | 1,048 ± 0,244 | 1,178 ± 0,161 | 0,260 |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

De acordo com os resultados da Tabela 2, os atletas do grupo Elite demonstraram menores intervalos de tempo e com diferenças significativas em todas as variáveis temporais (Tempo Pré Motor – TPM; Tempo Motor – TM; Tempo de Reação – TR e Tempo de Movimento - TMOV), em relação ao grupo Sub-Elite.

Tabela 2 – Variáveis Temporais obtidas durante a execução da técnica Mae Geri do Karatê

| | Sub-elite | Elite | p |
|----------|---------------|---------------|-------|
| TPM (s) | 0,164 ± 0,054 | 0,135 ± 0,038 | 0,012 |
| TM (s) | 0,275 (0,134) | 0,163 (0,204) | 0,000 |
| TR (s) | 0,433 ± 0,113 | 0,304 ± 0,124 | 0,007 |
| TMOV (s) | 0,778 ± 0,094 | 0,703 ± 0,064 | 0,000 |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Na Tabela 3 são apresentadas as variáveis derivadas da Resultante das Forças de Reação do Solo, onde o Tempo de Carga e a Taxa de Desenvolvimento de Carga possuem diferença estatisticamente significativa, sendo maior no grupo Elite.

Tabela 3 – Variáveis da Resultante das Forças de Reação do Solo obtidas durante a execução da técnica Mae Geri do Karatê

| | Sub-elite | Elite | p |
|---|------------------|------------------|-------|
| Pico_carga_FRS (N.kg ⁻¹) | 18,865 ± 6,499 | 19,481 ± 4,136 | 0,638 |
| Tempo_carga_FRS (s) | 0,210 (0,093) | 0,143 (0,039) | 0,001 |
| TD_carga (N.kg ⁻¹ .s ⁻¹) | 177,369 ± 41,381 | 211,558 ± 40,252 | 0,001 |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Com relação à análise cinemática da execução do Mae Geri, os dados da Tabela 4 apontam que o grupo Elite desempenha um maior Pico e Velocidade média na extensão do Quadril, com maior Pico de Potência durante a fase de flexão do mesmo. Já em relação ao Joelho o grupo Elite desenvolve maiores valores de Pico e Velocidade média tanto na fase de flexão como na de extensão, bem como também

apresenta maior Pico de Potência na fase de extensão.

Tabela 4 – Variáveis Cinemática obtidas durante a execução da técnica Mae geri do Karatê

| | Sub-elite | Elite | p |
|--|-------------------|--------------------|--------|
| Amp_art_Quadril (°) | 81,983 ± 11,851 | 78,561 ± 9,062 | 0,180 |
| Pico_Vel_Quadril_ext (°.s ⁻¹) | 163,553 ± 57,746 | 220,937 ± 80,586 | 0,001* |
| Vel_media_Quadril_ext (°.s ⁻¹) | 53,289 (23,876) | 32,625 (42,833) | 0,008* |
| Pico_Vel_Quadril_fle (°.s ⁻¹) | 507,379 ± 88,306 | 541,601 ± 75,214 | 0,086 |
| Vel_media_Quadril_fle (°.s ⁻¹) | 315,385 (99,657) | 336,859 (61,155) | 0,106 |
| Pico_Power_Quadril_fle (W.kg ⁻¹) | 6,952 ± 1,585 | 8,922 ± 1,990 | 0,000* |
| Amp_art_Joelho (°) | 113.952 ± 10.104 | 108.612 ± 12.649 | 0.055 |
| Pico_Vel_Joelho_ext (°.s ⁻¹) | 977.176 ± 91.459 | 1094.246 ± 111.570 | 0.000* |
| Vel_media_Joelho_ext (°.s ⁻¹) | 558.984 (109.202) | 617.939 (96.898) | 0.000* |
| Pico_Power_Joelho_ext (W.kg ⁻¹) | 13.221 (3.729) | 13.682 (4.444) | 0.007* |
| Pico_Vel_Joelho_fle (°.s ⁻¹) | 868.933 ± 84.450 | 945.656 ± 102.873 | 0.001* |
| Vel_media_Joelho_fle (°.s ⁻¹) | 548.460 (171.532) | 605.281 (140.012) | 0.004* |

* diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Discussão

Os atletas que participaram deste estudo apresentaram antropometria semelhante (IMAMURA et. al, 1998; GIAMPIETRO et. al, 2003; POZO et. al, 2011), em ambos os grupos Elite e Sub-elite, garantindo assim a homogeneidade da amostra e não sendo fator interveniente nos resultados obtidos.

Ao analisar as variáveis envolvidas na produção de Torque durante o teste isocinético na velocidade selecionada de 60°/s, os dados indicam que apesar de não haverem diferenças nos valores máximos de torque entre os grupos, o trabalho total durante a flexão do Quadril e do Joelho mostraram-se significativamente maiores para o grupo Elite. Tal fato pode ser atribuído à prováveis diferenças nas características do treinamento entre os grupos, assim como Probst et. al (2007) evidenciam e atribuem como influência do treinamento de Karatê valores maiores destas variáveis no grupo de atletas de Karatê em comparação com o grupo controle de fisicamente ativos. Sbriccoli et. al (2010) apontam diferenças na produção de torque de flexão isocinética do joelho quando comparam atletas de Karatê de elite e amadores.

Durante a execução do Mae Geri os sujeitos do grupo Elite apresentaram de forma significativa menor todos os tempos mensurados. Com relação ao tempo de reação simples, Layton (1993) não encontra diferenças significativas ao comparar atletas de diferentes níveis competitivos, porém aponta que faixas pretas possuem menores tempos do que iniciantes. Já Fontani et. al (2006) relata que faixas pretas de 3º e 4º Dan reagem mais rápido do que faixas pretas de 1º e 2º Dan. Kim e Petrakis (1998), administraram o “Identical Picture Test”, um teste de julgamento perceptual com

restrição de tempo e múltiplos itens, em 3 grupos de karatecas, grupo de faixas brancas, grupo de faixas azuis e grupo de faixas pretas, onde encontraram maiores escores para o grupo de faixas pretas em comparação com os outros grupos. Scott et. al (1993) compararam o tempo de reação de escolha de Karatecas experientes e iniciantes, utilizando estímulo específico, onde encontraram que os atletas experientes responderam mais rapidamente, tanto respondendo verbalmente como com gestos de ações defensivas.

Com relação à resultante das forças de reação do solo durante a execução do Mae Geri, o grupo Elite apresentou um menor tempo de carga (Tempo_carga_FRS) e uma maior taxa de desenvolvimento de carga no solo (TD_carga) do que os valores obtidos pelo grupo Sub-elite. Movimentos explosivos podem exigir um padrão único de controle neuromuscular para que a produção de potência possa ser maximizada (RICARD et. al, 2005), sendo que ao executá-los, a sincronização das unidades motoras otimiza a taxa de produção de força através de superposição de disparo de unidades motoras (CELICHOWSKI, 2000). Atletas de alto nível, como resultado do processo de formação especializada, podem conseguir um padrão de coordenação otimizado em conjunto com uma grande capacidade de produzir força muscular. A combinação desses fatores permitiria que esses atletas tenham uma alta taxa de desenvolvimento de força (UGRINOWITSCH et. al, 2007). Assim, o grupo elite demonstra ter sua capacidade de propulsão ao alvo ao desempenhar o Mae Geri superior aos atletas de sub-elite.

Com relação à variáveis de análise articular durante a execução do golpe Mae Geri, as diferenças encontradas no desempenho de velocidade e potência das articulações do quadril e joelho, apresentando-se maiores no grupo Elite, corroboram com a afirmação de que a velocidade é um dos principais fatores determinantes da performance do Karatê competitivo (BLAZEVIC et. al, 2006; RAVIER et. al, 2003) e de que a potência ou força explosiva também é preditora de performance na modalidade (RAVIER et. al, 2004). Sbriccoli et. al (2010) revelam que atletas de elite de karatê quando comparados com atletas amadores, apresentam maiores Picos de velocidade angular de flexão do quadril e do joelho durante a execução do Mae Geri.

Conclusão

Os atletas do grupo Elite responderam mais rapidamente ao estímulo visual e desempenharam o golpe Mae Geri em menor tempo. Tal fato aparentemente se

configura como consequência da capacidade de antecipar suas ações por possuir melhores habilidades perceptuais e cognitivas, bem como, por produzir maiores Picos e médias de velocidade componentes, que no caso, são as velocidades angulares produzidas pelos movimentos articulares do Quadril e Joelho.

Outro fato a ser ressaltado é a diferença na estratégia de propulsão entre os grupos, onde o grupo Elite tem sua capacidade de aumentar o estado ativo superior, com menor tempo de carregamento e maior produção de força no tempo do que o grupo Sub-elite.

Por não terem sido encontradas diferenças nas capacidades físicas entre os grupos, concluímos que as variáveis temporais, cinéticas e cinemáticas da execução do Mae Geri são particularmente valiosas para avaliar e selecionar atletas de Karatê de alto nível, bem como para monitorar resultados de treinamento.

São necessários futuros trabalhos com enfoque na execução do Mae Geri para investigar como treinamentos específicos podem incrementar resultados nas variáveis apontadas neste estudo.

Referências

- BLAZEVIĆ, S.; KATIĆ, R.; POPOVIĆ, D. The effect of motor abilities on karate performance. **Collegium antropologicum**, v. 30, p. 327–333, 2006.
- CELICHOWSKI, J. Mechanisms Underlying the Regulation of Motor Unit Contraction in the Skeletal Muscle. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 51, n. 1, p. 17–33, 2000.
- CHAABÈNE, H.; HACHANA, Y.; FRANCHINI, E.; MKAOUER, B.; CHAMARI, K. Physical and physiological profile of elite karate athletes. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 42, n. 10, p. 829–43, 2012.
- COHEN, J. Statistical Power Analysis. **Current Directions in Psychological Science**, v. 1, n. 3, p. 98–101, 1992.
- CORVINO, R. B.; CAPUTO, F.; OLIVEIRA, A. C. DE; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Taxa de Desenvolvimento de Força em Diferentes Velocidades de Contrações Musculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 6, p. 428–431, 2009.
- DWORAK, L. B.; DZIEWIECKI, K.; MACZYNSKI, J. **Characteristics of Kinematics and Kinetics os Strokes in Karate - Biomechanical Approach**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais...**Beijing, China: 2005.
- FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior research methods**, v. 39, n. 2, p. 175–91, maio 2007.

FONTANI, G.; LODI, L.; FELICI, A.; MIGLIORINI, S.; CORRADESCHI, F. Attention in athletes of high and low experience engaged in different open skill sports. **Perceptual and motor skills**, v. 102, p. 791–805, 2006.

GIAMPIETRO, M.; PUJIA, A.; BERTINI, I. Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. **Acta Diabetologica**, v. 40, p. 0–3, 2003.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–74, out. 2000.

IMAMURA, H.; YOSHIMURA, Y.; UCHIDA, K.; NISHIMURA, S.; NAKAZAWA, A. T. Maximal Oxygen Uptake , Body Composition and Strength of Highly Competitive and Novice Karate Practitioners. **Applied Human Science - Journal of Physiological Anthropology**, v. 17, n. 5, p. 215–218, 1998.

KIM, H. S.; PETRAKIS, E. Visuoperceptual Speed of karate practitioners at three levels of skill. **Perceptual and motor skills**, v. 87, p. 96–98, 1998.

LAYTON, C. Reaction + Movement-Time and Sidedness in Shotokan Karate Students. **Perceptual and Motor Skills**, v. 76, p. 765–766, 1993.

LI, X.; ZHOU, P.; ARUIN, A. S. Teager-Kaiser energy operation of surface EMG improves muscle activity onset detection. **Annals of biomedical engineering**, v. 35, n. 9, p. 1532–8, set. 2007.

NAKAYAMA, M. **Dynamic Karate**. Tokyo: Kodansha America, Inc., 1986.

POZO, J.; BASTIEN, G.; DIERICK, F. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: comparison of national and international standard karate athletes. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 14, p. 1553–61, nov. 2011.

PROBST, M. M.; FLETCHER, R.; SEELIG, D. S. A comparison of lower-body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 21, n. 2, p. 451–5, maio 2007.

RAVIER, G.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J. D. Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 44, p. 349–355, 2004.

RICARD, M. D.; UGRINOWITSCH, C.; PARCELL, A. C.; HILTON, S.; RUBLEY, M. D.; SAWYER, R.; POOLE, C. R. Effects of rate of force development on EMG amplitude and frequency. **International journal of sports medicine**, v. 26, n. 1, p. 66–70, 2005.

ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê. **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**, v. 15, n. 3, p. 39–46, 2007.

SBRICCOLI, P.; CAMOMILLA, V.; DI MARIO, A.; QUINZI, F.; FIGURA, F.; FELICI, F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1269–80, abr. 2010.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1999.

SCOTT, M. A.; WILLIAMS, A. M.; DAVIDS, K. Perception-Action Coupling in Karate Kumite. In: VALANTI, S. S.; PITTENGER, J. B. (Eds.). **Studies in perception and action II: Posters presented at the VIIth International conference on event perception and action**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1993. p. 217–221.

SHO, G.; DAI, G.; MEIKYO. **O melhor do Karatê**. Ed. Cultrix, 1 ed., São Paulo, 2002.

SIRI, W. E. Body composition from fluid space and density. In J. Brozek & A. Hanschel (Eds.), *Techniques for measuring body composition* Washington, DC: National Academy of Science. pp. 223-244, 1961.

UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; RODACKI, A. L. F.; BATISTA, M.; RICARD, M. D. Influence of Training Background on Jumping Height. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 21, n. 3, p. 848–852, 2007.

VAGHETTI, C. A. O.; ROESLER, H.; ANDRADE, A. Tempo de reação simples auditivo e visual em surfistas com diferentes níveis de habilidade: comparação entre atletas profissionais, amadores e praticantes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 2, p. 81–85, 2007.

WILLIAMS, A. M.; DAVIDS, K.; WILLIAMS, J. G. **Visual perception and action in sport**. London: E & FN Spon, 1999.

WINTER, D. A. Muscle Mechanics. In: **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Second Edition. Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

WITTE, K.; EMMERMACHER, P.; HOFMANN, M.; SCHWAB, K.; WITTE, H. **Electromyographic Researches of Gyaku-Zuki in Karate Kumite**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005.

WORLD KARATE FEDERATION. **Kata and Kumite Competition - Rules revision 8.0 - Effective from 1.1.2013**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wkf.net/pdf/wkf-kataandkumite-competition-rules.pdf>>.

3.3. Parâmetros Coordenativos Intra-segmentos na execução do Soco “Gyaku Tsuki” - Comparação de atletas de Karatê de Sub-élite e Elite

1. Introdução

O Karatê, cuja palavra é de origem japonesa, significa mãos vazias e é uma das versões para a arte do combate desarmado (ROSSI & TIRAPEGUI, 2007).

Desenvolvida no sul do Japão, na ilha de Okinawa, em meados do século XVIII, a prática do Karatê foi motivada em resposta à necessidade do uso de técnicas de luta efetivas sem a utilização de armas e hoje, mais do que uma arte de defesa pessoal é uma das modalidades esportivas de combate mundialmente praticada (WKF, 2013). O Karatê assim como outras modalidades de arte marcial exerce grande demanda do ponto de vista coordenativo, procurando utilizar os movimentos dos membros superiores e inferiores que exigem do executante velocidade, técnica, precisão de movimento, e em especial, uma eficiente tomada de decisão durante a defesa, ataque e contra ataque aos golpes recebidos (SBRICCOLI et al., 2010).

Coordenação é definida como a habilidade de administrar os abundantes ou redundantes graus de liberdade para produzir um sistema controlável no movimento corporal (BERNSTEIN, 1967). Os relacionamentos de fase tem sido utilizados como uma medida de coordenação e forma de quantificar a coordenação intra-segmentos (HAMILL et. al, 2005). Dentre as técnicas conhecidas de relacionamento de fase entre duas ou mais articulações, se destaca a técnica chamada Fase Relativa Contínua (FRC), por relacionar simultaneamente deslocamento e velocidade angular de um dado movimento, fornecendo assim importantes informações na investigação do controle motor de ações multi-articulares (BURGESS-LIMERICK et. al, 1993). A FRC tem sido utilizada para investigar padrões coordenativos em ações cíclicas (LI et. al, 1999; HEIDERSCHEIT et. al, 1999), bem como em ações explosivas não-cíclicas (TEMPRADO et. al, 1997; TOMIOKA et. al, 2001; KIM et. al, 2011).

Com a especialização esportiva os padrões motores coordenativos vão se tornando mais consistentes e controlados, como efeito de refinamento, apresentando uma menor variabilidade das características coordenativas do gesto técnico à medida que a especialização na ação aumenta (WILSON et. al, 2008). A variabilidade da coordenação tem sido analisada utilizando a dispersão de valores da FRC (STERGIOU & DECKER, 2011; van EMMERIK & van WEGEN, 2000).

Segundo Witte et. al (2005) e Emmermacher et. al (2005) o Gyaku Tsuki é um soco executado com o avanço da mão juntamente com o avanço do membro inferior contralateral na postura Zen KutsuDachi na qual o atleta está com um membro inferior a frente e com joelho flexionado e o outro membro com o quadril e joelho estendido, ambos em contato com o solo.

Dentre os golpes mais utilizados no Karatê, o Gyaku Tsuki representa 50 % do total de técnicas utilizadas em um combate oficial de Karatê (CHAABÈNE et. al, 2014).

O Gyaku Tsuki tem grande destaque entre as técnicas do Karatê e tem sido examinado em suas características cinemáticas, de variabilidade, de ativação muscular, de adaptações do controle neuromuscular, etc (STULL et. al, 1988a, 1988b; SFORZA et. al, 2000, 2001; WITTE et. al, 2005; EMMERMACHER et. al, 2005; HOFMANN et. al, 2008; SUWARGANDA et. al, 2009). Porém estudos com suas características da coordenação intra-segmentos e variabilidade de padrões coordenativos ainda não foram conduzidos.

Portanto, o objetivo deste estudo foi de analisar como o relacionamento de fase entre o Ombro e o Cotovelo afetam a performance de atletas de nível competitivo Sub-elite e Elite do Karatê durante a execução do Gyaku Tsuki, afim de investigar as diferenças na coordenação intra-segmentos e variabilidade da coordenação desempenhadas pelos grupos.

2. Método

2.1. Amostra

De acordo com a análise de poder estatístico conduzida nos dados piloto deste estudo, para teste de diferenças entre duas médias independentes (dois grupos), e utilizando o software G*Power[®] (versão 3.1.9.2), foi estimada uma amostra de 14 atletas, 7 em cada grupo, para condições de 80% de poder e um effect size entre 0.5 e 0.8. Esta estimativa foi baseada em um diferença detectável de 1.0, mínima correlação de 0.8 e alpha (α) de 0,05 em 4 variáveis de importância deste estudo (COHEN, 1992; FAUL et. al, 2007).

Participaram do estudo 14 voluntários do gênero masculino, na faixa etária de 18 a 35 anos, praticantes competitivos de Karatê, os quais foram divididos em 2 subgrupos, de acordo com seu nível competitivo atual: grupo elite (GE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível nacional ou internacional (Idade:

26,300 ± 6,900 anos; Massa Corporal: 77,471 ± 12,758 kg; Estatura: 1,711 ± 0,077 m; Percentual de Gordura: 12,586 ± 6,678 %); e grupo Sub-elite (GSE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível regional ou estadual (Idade: 27,514 ± 6,136 anos; Massa Corporal: 75,064 ± 8,938 kg; Estatura: 1,716 ± 0,062 m; Percentual de Gordura: 15,114 ± 5,894 %).

Os critérios de exclusão dos participantes consistiram da presença de dor, fratura, ou lesão grave em tecidos moles nos 6 meses pregressos ao estudo, bem como histórico de alterações cognitivas, neurológicas, cardiovasculares ou respiratórias. Tais critérios foram investigados através de entrevista prévia ao início das avaliações.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética Local e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.2. Protocolo Experimental

Os golpes foram realizados sobre um alvo instrumentalizado no Laboratório de Biomecânica da Unesp, composto de Leds, os quais foram estímulos visuais e um sensor Piezoelétrico que marcava a finalização do golpe. Tanto o sistema de Leds como o sensor de contato foram controlados por uma placa micro controladora Arduino modelo "MEGA 2560".

Cinco golpes foram realizados unilateralmente, e iniciados de acordo com o estímulo visual fornecido pelo sistema de Leds. O sujeito estava posicionado de forma que o pé do membro inferior dominante estivesse sobre a Plataforma de força AMTI® (Figura 1).

A validade do golpe foi avaliada por um árbitro da Federação Paulista de Karatê, o qual após a execução de cada golpe pelo atleta dava o comando para parar, voltar à posição inicial e reiniciar.

2.3. Coleta e processamento dos dados

Por ser um dos golpes mais utilizados durante a prática do Karatê, foi escolhido o Gyaku Tsuki (soco invertido), (HOFMANN et al., 2008) (Figura 1).

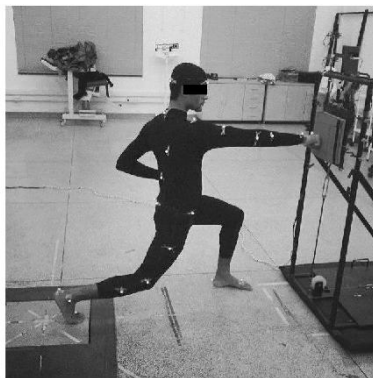


Figura 1. Execução do do golpe Gyaku Tsuki do Karatê

Para a coleta dos dados cinemáticos utilizou-se de 07 câmeras T10 com 250 fps (Vicon[®]) e *software* cinemático Vicon Nexus (Vicon[®]). Para a reconstrução do movimento, marcadores básicos (Vicon[®]) foram fixados bilateralmente, de acordo com o modelo PluginGait para corpo inteiro (Vicon[®]).

Os dados foram processados e analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab, versão 8.5.0.197613 (Mathworks[®], Inc.).

Primeiramente, os dados antes de sua filtragem foram processados por meio de análise residual (WINTER, 1990), para estabelecimento de suas frequências de corte ideais, sendo que o sinal da análise cinemática foi filtrado com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 6 Hz e os dados de Força de Reação do solo com um Butterworth recursivo passa baixa de 4^a ordem com frequência de corte de 95 Hz.

O *onset* de movimento foi determinado por meio do método de limiar aplicado sobre a curva de deslocamento antero-posterior do Centro de Pressão (COP), onde o instante de *onset* é maior ou igual à média mais 3 Desvios Padrão calculados na linha base.

A completa execução do golpe compreende o intervalo entre o onset de movimento e o contato com o alvo.

2.4. Análise dos dados

2.4.1. Dados Cinemáticos

O Deslocamento Angular e a Velocidade Angular (θ , ω) do Ombro e do Cotovelo foram calculados a partir dos dados provenientes dos marcadores reflexivos (Figura 2).

Foi calculado o Pico de Velocidade Linear do Punho como a resultante da velocidade linear do marcador reflexivo lateral do punho nos 3 eixos.

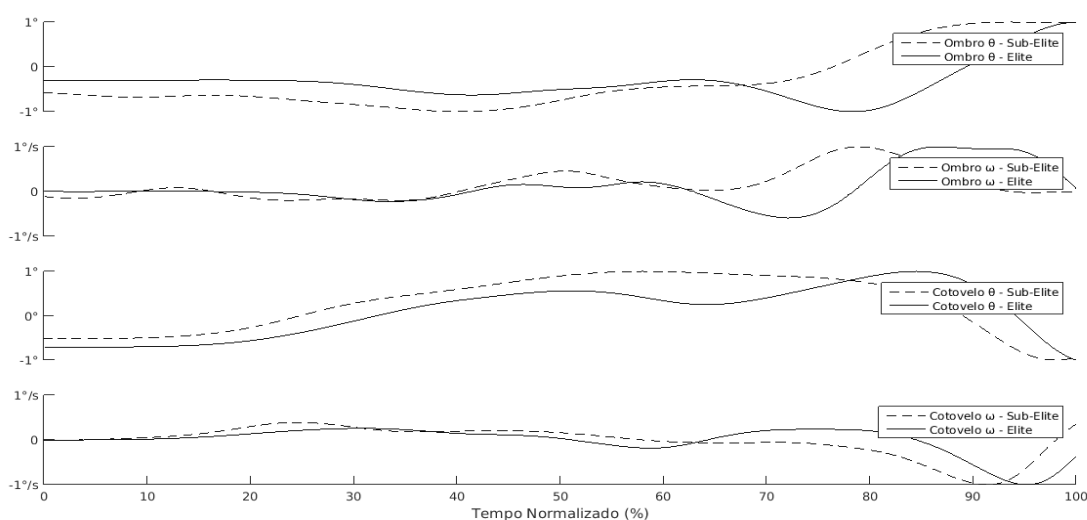


Figura 2. Dados cinemáticos das articulações do Ombro e Cotovelo de um sujeito de cada grupo

2.4.2. Gráficos de Fase

Para a construção dos gráficos de fase, primeiramente, os dados cinemáticos do Ombro e Cotovelo de cada tentativa foram interpolados para 2500 pontos utilizando funções Spline Cúbicas. O procedimento de interpolação serve para uniformizar as diferentes quantidade de amostras dos arquivos.

Os gráficos de fase (Figura 3) foram construídos a partir da Velocidade Angular em função do Deslocamento Angular, com o deslocamento angular no eixo horizontal e velocidade angular no eixo vertical. Anteriormente ao cálculo do Ângulo de Fase (φ), os dados de deslocamento angular e velocidade angular foram normalizados para cada tentativa de acordo com o processo recomendado por Li et. Al (1999), com a intenção de minimizar os efeitos de diferentes amplitudes de movimento (HAMILL et. al, 2000; LAMOTH et. al, 2002). As seguintes equações foram utilizadas para normalizar os dados:

$$\text{Eixo Horizontal (Deslocamento Angular): } \theta_i = \frac{2 * [\theta_i - \min(\theta_i)]}{\max(\theta_i) - \min(\theta_i)} - 1, \quad (1)$$

onde θ representa o ângulo da articulação e i cada amostra de dados no âmbito de cada tentativa. Esta normalização coloca a origem do eixo horizontal no meio do intervalo, enquanto normaliza o valor mínimo em -1 e o máximo em 1.

$$\text{Eixo Vertical (Velocidade Angular): } \omega_i = \frac{\omega_i}{R}, \quad (2)$$

onde R foi calculado como: $R = \{|\omega_i|\}$ e ω_i representa a velocidade angular a cada amostra i de dados.

A maior magnitude positiva e negativa dos valores de velocidade angular para cada tentativa foram normalizadas para 1. A mesma escala foi aplicada então para todos os dados de velocidade angular na mesma tentativa. Este processo foi repetido em cada tentativa.

Para cada ponto do gráfico de fase, e para ambas articulações, Ombro e Cotovelo, o Ângulo de Fase (φ) foi computado como a inversa da tangente da razão entre a velocidade angular normalizada e o deslocamento angular normalizado, o que representa o ângulo formado entre uma linha com origem em (0,0) até o ponto (θ_i, ω_i) e o eixo horizontal à direita.

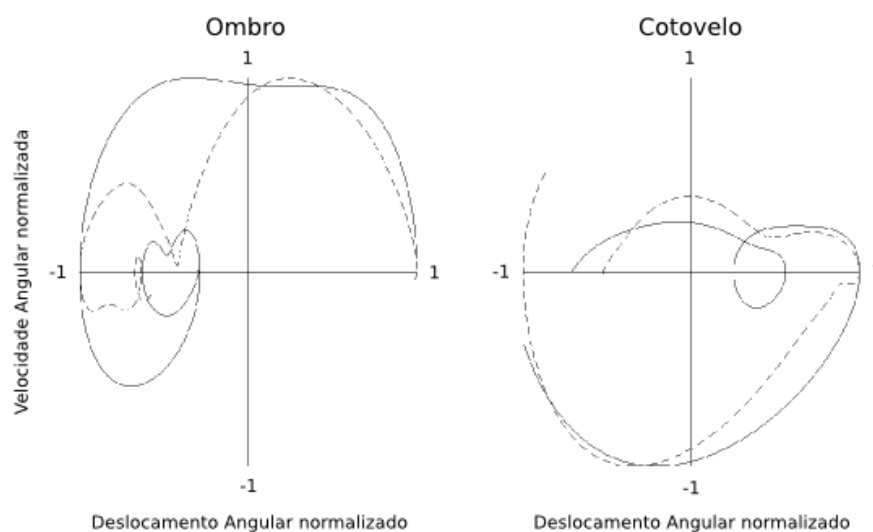


Figura 3. Gráfico de fase das articulações do Ombro e Cotovelo de um sujeito do grupo Elite (linha contínua) e de um sujeito do grupo Sub-elite (linha traçada)

2.4.3. Fase Relativa Contínua (FRC)

A FRC foi definida na amplitude de $-180^\circ < \varphi < 180^\circ$, como a diferença entre os ângulos de fase do segmento proximal (φ_{Ombro}) e do segmento distal ($\varphi_{\text{Cotovelo}}$) para cada amostra de dados da tentativa. A FRC é portanto, considerada como uma medida de coordenação entre o Ombro e o Cotovelo.

Um valor positivo de FRC reflete um maior ângulo de fase do Ombro em relação ao Cotovelo, reciprocamente um valor negativo de FRC reflete um maior ângulo de fase do Cotovelo em relação ao Ombro. Um maior ângulo de fase de uma articulação em relação à outra pode ser interpretado como um movimento mais lento ou de menor amplitude da articulação analisada, ou uma combinação de ambos os fatores.

A curva de FRC média do sujeito foi calculada como a média das curvas de FRC das 5 tentativas de cada sujeito. O Pico da curva de FRC média do sujeito (Pico_FRC) foi calculado como o máximo valor apartir da flexão máxima da articulação do Cotovelo até o impacto com o alvo, desta forma, buscou investigar o parâmetro de coordenação na fase de flexão da articulação do Ombro e de extensão da articulação do Cotovelo. O tempo em que ocorreu o Pico_FRC foi representado em percentual do tempo de execução do golpe. A curva de FRC média do grupo foi calculada como a média das curvas de FRC médias dos sujeitos de cada grupo.

2.4.4. Variabilidade

A variabilidade dentro dos dois grupos foi calculada apartir do Desvio Padrão das medidas de FRC. Os resultados destes cálculos são um indicativo da variabilidade de tentativa para tentativa e podem ser usados para comparar as características de estabilidade do sistema sobre os padrões de execução do Gyaku Tsuki (van EMMERIK & WAGENAAR, 1996). A variação de FRC para cada sujeito foi calculada como a média do DP (σ) de cada amostra da curva de FRC média do sujeito.

2.5. Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do *software* PASW *statistics* 18.0 (SPSS®). Após verificação da normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk foi realizado o Teste T para amostras independentes nos dados paramétricos e o teste de U Mann-Whitney para os não-paramétricos, afim de comparar as variáveis nos dois grupos. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

3. Resultados

3.1. Velocidade Linear do Punho

O grupo Elite apresentou um pico de velocidade linear do punho significativamente superior ($7,287 \pm 0,813 \text{ m.s}^{-1}$) ao apresentado pelo grupo Sub-elite ($6,093 \pm 0,686 \text{ m.s}^{-1}$) como mostra a Figura 4 no Painel Superior à esquerda.

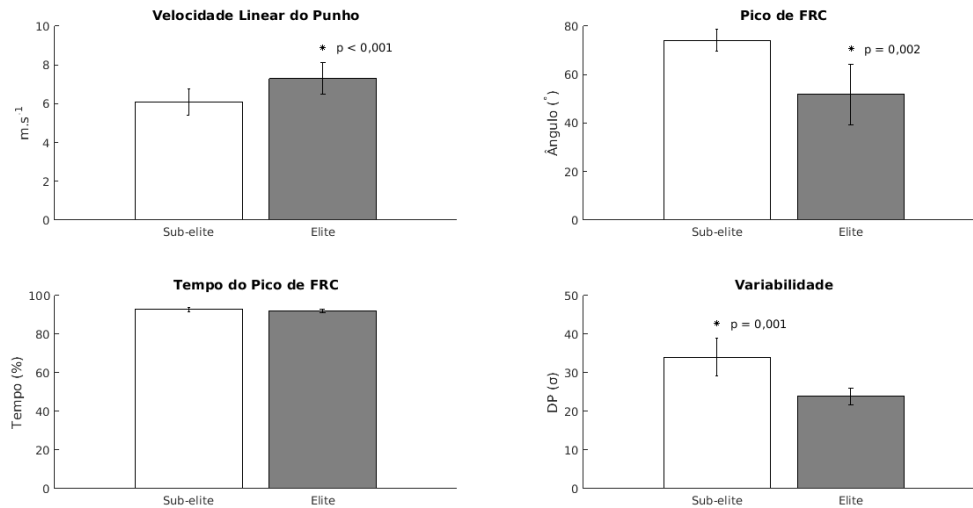


Figura 4. Gráficos comparativos dos resultados entre os grupos

3.2. Fase Relativa Contínua (FRC)

As curvas médias de FRC do grupo Sub-elite e grupo Elite estão apresentadas na figura 5.

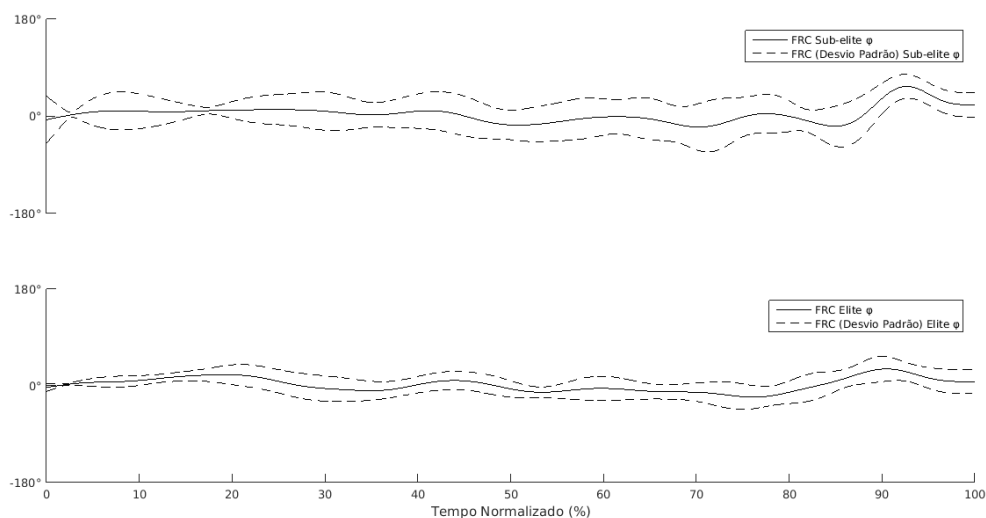


Figura 5. Curva de FRC média e curva de desvio padrão de FRC dos grupos

Pode-se observar um pico positivo mais próximo do final da execução do gyaku tsuki, o que representa um maior ângulo de fase do Ombro em relação ao Cotovelo, o que ocorre devido a uma menor velocidade angular e um menor deslocamento angular desta articulação em relação ao Cotovelo nesta fase do golpe. Este pico apresenta-se significativamente maior para o grupo Sub-elite ($74,203^{\circ} \pm 4,574^{\circ}$) do que do Elite ($51,797^{\circ} \pm 12,484^{\circ}$) (Figura 4. Painel superior à direita).

O tempo percentual de ocorrência do Pico de FRC apresentou-se similar entre os grupos Sub-elite ($92,857 \pm 1,178\%$) e Elite ($91,931 \pm 0,931\%$) (Figura 4. Painel inferior à esquerda). Tal resultado representa a similaridade da forma de execução do Gyaku Tsuki entre os grupos.

3.3. Variabilidade

A variabilidade dos valores de FRC entre as tentativas (Figura 4. Painel inferior à direita) representada como a média do desvio padrão (σ) de cada amostra da curva de FRC média se mostrou significativamente maior para o grupo Sub-elite ($34,028^{\circ} \pm 4,858^{\circ}$) do que no Elite ($23,932^{\circ} \pm 2,192^{\circ}$), o que demonstra que o grupo Elite possui uma maior estabilidade do sistema durante a execução do Gyaku Tsuki.

4. Discussão

Os maiores valores do Pico de Velocidade Linear apresentados pelo grupo elite,

corroboram com o fato de que a velocidade seja um dos principais fatores determinantes e preditores do desempenho do Karatê competitivo (BLAZEVIC et. al, 2006; RAVIER et. Al, 2003).

Com relação aos valores de Pico da Curva de FRC mensurados a partir da flexão máxima da articulação do Cotovelo durante a execução do golpe, o grupo Sub-elite apresentou valores significativamente maiores do que o Elite, o que representa que os atletas de menor nível competitivo apresentam um pior padrão coordenativo neste intervalo de execução do golpe, já que tal fato configura um movimento com maior anti-fase positiva, indicando um menor deslocamento e velocidade angulares na articulação proximal, que no caso é o Ombro (HAMILL et. al, 1999).

Mesmo tendo sido apresentadas diferenças no padrão coordenativo acima discutido entre os grupos, os mesmos apresentam similaridade na execução do gesto técnico, fato que se confirma ao não serem encontradas diferenças significativas no parâmetro temporal de comportamento do Pico de FRC.

O grau de variabilidade nos padrões coordenativos é um elemento importante no entendimento da dinâmica do movimento (HAMILL et. al, 2000). Um alto grau de variabilidade no movimento pode ser interpretado de duas formas, sendo benéfico se a ação a ser desempenhada envolver a necessidade de adaptação de padrões motores complexos (BUTTON et. al, 2006), ou prejudicial se a ação a ser desempenhada for pré-determinada e ausente de perturbações. Atletas de Elite possuem um excepcional domínio de seus movimentos, sendo que se excluídos fatores como transformações ambientais, patologias latentes, recuperação incompleta, e no desempenho de ações básicas possuem altíssimo grau de reprodutibilidade do movimento (PREATONI et. al, 2013). Em nosso estudo, os atletas do grupo Sub-elite, que possuem menor nível competitivo apresentaram um grau de variabilidade do padrão coordenativo significativamente maior em relação ao apresentado pelos atletas do grupo Elite. Sforza et. al (2000, 2001) encontraram em seus estudos que atletas de Karatê com graduações mais altas da faixa preta (Dans mais altos) possuem maior repetibilidade ao desempenharem dois socos do Karatê, o Oi Tsuki (soco de estocada) e o Choku Tsuki (soco direto).

5. Conclusão

As diferenças nos parâmetros coordenativos entre atletas de Sub-elite e Elite

apontadas neste estudo parecem explicar a diferença na performance do golpe, demonstrada como superior pelos atletas de maior nível competitivo e que foi obtida pela velocidade linear do segmento que é projetado ao alvo. Apesar do gesto técnico parecer similar entre os grupos, a coordenação intra-segmentos, que no caso deste estudo se deu entre a articulação do Ombro e do Cotovelo, se mostrou superior nos atletas de Elite.

Os resultados encontrados neste estudo indicam que durante a execução do Gyaku Tsuki, o comportamento do deslocamento e velocidade angulares da articulação proximal, neste caso o Ombro, exercem papel determinante e se comprometidos podem interferir de forma significativamente negativa no resultado final da performance do golpe.

Levando em consideração que o protocolo experimental deste estudo não demandou da necessidade de adaptação ou mudança de padrão motor por parte do atleta, foi possível, através da medida de variabilidade do padrão coordenativo entre as tentativas, constatar que os atletas de Elite possuem maior refinamento técnico e capacidade de reproduzibilidade de suas ações, assim configurando nesta variável um fator preditivo de performance.

O presente estudo apresenta informações cruciais à técnicos e atletas da modalidade, apontando diferenças substanciais entre níveis competitivos no que diz respeito à parâmetros coordenativos durante a execução do Gyaku Tsuki. Todavia, são necessários estudos futuros nesta mesma temática envolvendo ações motoras mais complexas, para que se possa entender de forma mais aprofundada como o sistema de controle motor se especializa em tarefas mais próximas da realidade do combate na competição.

Referências

- BERNSTEIN, N. A. **The Coordination and regulation of movement**. London: Pergamon, 1967.
- BLAZEVIĆ, S.; KATIĆ, R.; POPOVIĆ, D. The effect of motor abilities on karate performance. **Collegium antropologicum**, v. 30, p. 327–333, 2006.
- BURGESS-LIMERICK, R.; ABERNETHY, B.; NEAL, R. J. Relative phase quantifies interjoint coordination. **Journal of Biomechanics**, v. 26, n. 1, p. 91–94, 1993.
- BUTTON, C.; DAVIDS, K.; SCHOLLHORN, W. Coordination Profiling of Movement Systems. In: DAVIDS, K.; BENNETT, S.; NEWELL, K. (Eds.). **Movement System**

Variability. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006. p. 133–152.

CHAABANE, H.; MKAOUER, B.; FRANCHINI, E.; SOUISSI, N.; SELMI, M. A.; NAGRA, Y.; CHAMARI, K. Physiological Responses and Performance Analysis Difference between Official and Simulated Karate Combat Conditions. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 1, p. 21–29, 2013.

COHEN, J. Statistical Power Analysis. **Current Directions in Psychological Science**, v. 1, n. 3, p. 98–101, 1992.

EMMERIK, R. E. A VAN; WEGEN, E. E. H. VAN. On variability and stability in human movement. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 16, n. 4, p. 394–406, 2000.

EMMERMACHER, P.; WITTE, K.; HOFMANN, M. **Acceleration Course of Fist Push of Gyaku-Zuki**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior research methods**, v. 39, n. 2, p. 175–91, 2007.

HAMILL, J.; HADDAD, J. M.; MCDERMOTT, W. J. Issues in Quantifying Variability from a Dynamical Systems Perspectives. **Journal of applied biomechanics**, v. 16, p. 407–418, 2000.

HAMILL, J.; HADDAD, J. M.; VAN EMMERIK, R. E. A. **Using Coordination Measures for Movement Analysis**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005

HAMILL, J.; VAN EMMERIK, R. E. A; HEIDERSCHEIT, B. C.; LI, L. A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. **Clinical Biomechanics**, v. 14, n. 5, p. 297–308, 1999.

HEIDERSCHEIT, B. C.; HAMILL, J.; VAN EMMERIK, R. E. **Q-angle influences on the variability of lower extremity coordination during running**. **Medicine and science in sports and exercise**, 1999.

HOFMANN, M.; WITTE, K.; EMMERMACHER, P. **Biomechanical Analysis of Fist Punch Gyaku-Zuki in Karate**. XXVI International Conference on Biomechanics in Sports. **Anais**. Seoul, Korea: 2008

KIM, Y. K.; KIM, Y. H.; IM, S. J. Inter-joint coordination in producing kicking velocity of taekwondo kicks. **Journal of sports science & medicine**, v. 10, n. 1, p. 31–8, 2011.

LAMOTH, C. J. C.; BEEK, P. J.; MEIJER, O. G. Pelvis–thorax coordination in the transverse plane during gait. **Gait & Posture**, v. 16, n. 2, p. 101–114, 2002.

LI, L.; VAN DEN BOGERT, E. C. H.; CALDWELL, G. E.; VAN EMMERIK, R. E. A; HAMILL, J. Coordination patterns of walking and running at similar speed and stride frequency. **Human Movement Science**, v. 18, n. 1, p. 67–85, 1999.

- PREATONI, E.; HAMILL, J.; HARRISON, A. J.; HAYES, K.; VAN EMMERIK, R. E. A.; WILSON, C.; RODANO, R. Movement variability and skills monitoring in sports. **Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports**, v. 12, n. 2, p. 69–92, 2013.
- RAVIER, G.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J. D. Comparaison de deux méthodes d'analyse des variables maximales de vitesse, force et puissance dans l'évaluation fonctionnelle en karaté. **Science & Sports**, v. 18, n. 3, p. 134–140, 2003.
- ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê. **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**, v. 15, n. 3, p. 39–46, 2007.
- SBRICCOLI, P.; CAMOMILLA, V.; DI MARIO, A.; QUINZI, F.; FIGURA, F.; FELICI, F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1269–80, 2010.
- SFORZA, C.; TURCI, M.; GRASSI, G.; FRAGNITO, N.; PIZZINI, G.; FERRARIO, V. F. The repeatability of choku-tsuki and oi-tsuki in traditional Shotokan karate: a morphological three-dimensional analysis. **Perceptual and motor skills**, v. 90, n. 3 Pt 1, p. 947–60, 2000.
- SFORZA, C.; TURCI, M.; GRASSI, G. P.; FRAGNITO, N.; SERRAO, G.; FERRARIO, V. F. Repeatability of Choku-tsuki and Oi-tsuki in Shotokan Karate: A 3-Dimensional Analysis with Thirteen black-belt karateka. **Perceptual and motor skills**, v. 92, p. 1230–1232, 2001.
- STERGIOU, N.; DECKER, L. M. Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? **Human Movement Science**, v. 30, n. 5, p. 869–888, 2011.
- STULL, R. A.; BARHAM, J. N. **An Analysis of Work and Power Produced by Different Karate Styles in The Karate Reverse Punch in Front Stance** VI International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais...**Bozeman, Montana: 1988a.
- STULL, R. A.; BARHAM, J. N. **An Analysis of Movement Patterns Utilized by Different Styles in The Karate Reverse Punch in Front Stance** VI International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais...**Bozeman, Montana: 1988b.
- SUWARGANDA, E. K.; RAZALI, R. A.; WILSON, B.; FLYGER, N.; PONNIYAH, A. **Analysis of Performance of the Karate Punch (Gyaku-Zuki)** XXVII International Conference on Biomechanics in Sports. **Anais...**Limerick, Ireland: 2009.
- TEMPRADO, J.; DELLA-GRASTA, M.; FARRELL, M.; LAURENT, M. A novice-expert comparison of (intra-limb) coordination subserving the volleyball serve. **Human Movement Science**, v. 16, p. 653–676, 1997.
- TOMIOKA, M.; OWINGS, T. M.; GRABINER, M. D. Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. **Journal of**

Applied Biomechanics, v. 17, n. 3, p. 181–187, 2001.

VAN EMMERIK, R. E. A; WAGENAAR, R. C. Effects of walking velocity on relative phase dynamics in the trunk in human walking. **Journal of Biomechanics**, v. 29, n. 9, p. 1175–1184, 1996.

WILSON, C.; SIMPSON, S. E.; VAN EMMERIK, R. E. A; HAMILL, J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. **Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports**, v. 7, n. 1, p. 2–9, 2008.

WINTER, D. A. Muscle Mechanics. In: **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Second Edition. Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

WITTE, K.; EMMERMACHER, P.; HOFMANN, M.; SCHWAB, K.; WITTE, H. **Electromyographic Researches of Gyaku-Zuki in Karate Kumite**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005

WORLD KARATE FEDERATION. Kata and Kumite Competition - Rules revision 8.0 - Effective from 1.1.2013. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wkf.net/pdf/wkf-kataandkumite-competition-rules.pdf>>.

3.4. Indicadores da Coordenação Intra-segmentos de Karatecas de Sub-elite e Elite durante a execução do Chute Frontal “Mae Geri”

1. Introdução

O Karatê assim como outras modalidades de arte marcial exerce grande demanda do ponto de vista coordenativo, que procura utilizar os movimentos dos membros superiores e inferiores que exigem do executante velocidade, técnica, precisão de movimento, e em especial, uma eficiente tomada de decisão durante a defesa, ataque e contra ataque aos golpes recebidos (SBRICCOLI et al., 2010).

Coordenação é definida como a habilidade de administrar os abundantes ou redundantes graus de liberdade para produzir um sistema controlável no movimento corporal (BERNSTEIN, 1967). Os relacionamentos de fase tem sido utilizados como uma medida de coordenação e forma de quantificar a coordenação intra-segmentos (HAMILL et. al, 2005). As relações de fase refletem fundamentalmente a cooperatividade entre componentes de um sistema, mostrando como se comporta a interferência entre os mesmos, sendo construtiva quando estão em fase e destrutiva quando estão fora de fase (VAN EMMERIK & WAGENAAR, 1996). Dentre as técnicas conhecidas de relacionamento de fase entre duas ou mais articulações, se destaca a técnica chamada Fase Relativa Contínua (FRC), por relacionar simultaneamente deslocamento e velocidade angular de um dado movimento, fornecendo assim importantes informações na investigação do controle motor de ações multi-articulares (BURGESS-LIMERICK et. al, 1993). A FRC tem sido utilizada para investigar padrões coordenativos em ações cíclicas (LI et. al, 1999; HEIDERSCHEIT et. al, 1999), bem como em ações explosivas não-cíclicas (TEMPRADO et. al, 1997; TOMIOKA et. al, 2001; KIM et. al, 2011).

Com a especialização esportiva os padrões motores coordenativos vão se tornando mais consistentes e controlados, como efeito de refinamento, apresentando uma menor variabilidade das características coordenativas do gesto técnico à medida que a especialização na ação aumenta (WILSON et. al, 2008). A variabilidade da coordenação tem sido analisada utilizando a dispersão de valores da FRC (STERGIOU & DECKER, 2011; VAN EMMERIK & VAN WEGEN, 2000).

O Mae geri é um chute frontal, considerado uma técnica de simples execução porém muito eficiente e muito utilizada em competições (DWORAK et. al, 2005).

Dada a relevância do Mae Geri, autores têm estudado suas características cinemáticas, de variabilidade, de ativação muscular, de adaptações do controle neuromuscular, etc (SØRENSEN et. al, 1996; SFORZA et. al, 2002; SBRICCOLI et. al, 2010; POZO et. al, 2011). Porém, características da coordenação intra-segmentos e variabilidade dos padrões coordenativos no desempenho desta técnica ainda são ausentes na literatura.

Portanto, o objetivo deste estudo foi de analisar como o relacionamento de fase entre o Quadril e o Joelho afetam o desempenho de atletas de nível competitivo Sub-elite e Elite do Karatê durante a execução do Mae Geri, afim de investigar as diferenças na coordenação intra-segmentos e variabilidade da coordenação desempenhadas pelos grupos.

2. Método

2.1. Amostra

De acordo com a análise de poder estatístico conduzida nos dados piloto deste estudo, para teste de diferenças entre duas médias independentes (dois grupos), e utilizando o software G*Power[®] (versão 3.1.9.2), foi estimada uma amostra de 14 atletas, 7 em cada grupo, para condições de 80% de poder e um effect size entre 0.5 e 0.8. Esta estimativa foi baseada em um diferença detectável de 1.0, mínima correlação de 0.8 e alpha (α) de 0,05 em 4 variáveis de importância deste estudo (COHEN, 1992; FAUL et. al, 2007).

Participaram do estudo 14 voluntários do gênero masculino, na faixa etária de 18 a 35 anos, praticantes competitivos de Karatê, os quais foram divididos em 2 subgrupos, de acordo com seu nível competitivo atual: grupo elite (GE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível nacional ou internacional (Idade: $26,300 \pm 6,900$ anos; Massa Corporal: $77,471 \pm 12,758$ kg; Estatura: $1,711 \pm 0,077$ m; Percentual de Gordura: $12,586 \pm 6,678$ %); e grupo Sub-elite (GSE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível regional ou estadual (Idade: $27,514 \pm 6,136$ anos; Massa Corporal: $75,064 \pm 8,938$ kg; Estatura: $1,716 \pm 0,062$ m; Percentual de Gordura: $15,114 \pm 5,894$ %).

Os critérios de exclusão dos participantes consistiram da presença de dor, fratura, ou lesão grave em tecidos moles nos 6 meses pregressos ao estudo, bem como histórico de alterações cognitivas, neurológicas, cardiovasculares ou respiratórias.

Tais critérios foram investigados através de entrevista prévia ao início das avaliações.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética Local e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.2. Protocolo Experimental

Os golpes foram realizados sobre um alvo instrumentalizado no Laboratório de Biomecânica da Unesp, composto de Leds, os quais foram estímulos visuais e um sensor Piezoelétrico que marcava a finalização do golpe. Tanto o sistema de Leds como o sensor de contato foram controlados por uma placa micro controladora Arduino modelo “MEGA 2560”.

Cinco golpes foram realizados unilateralmente, e iniciados de acordo com o estímulo visual fornecido pelo sistema de Leds. O sujeito estava posicionado de forma que o pé do membro inferior dominante estivesse sobre a Plataforma de força AMTI® (Figura 1).

A validade do golpe foi avaliada por um árbitro da Federação Paulista de Karatê, o qual após a execução de cada golpe pelo atleta dava o comando para parar, voltar à posição inicial e reiniciar.

2.3. Coleta e processamento dos dados

O golpe analisado neste estudo foi o Mae Geri “Chute Frontal” (NAKAYAMA, 1986) (Figura 1).



Figura 1. Execução do golpe Mae Geri

Para a coleta dos dados cinemáticos utilizou-se de 07 câmeras T10 com 250 fps (Vicon®) e *software* cinemático Vicon Nexus (Vicon®). Para a reconstrução do movimento, marcadores básicos (Vicon®) foram fixados bilateralmente, de acordo com o modelo PluginGait para corpo inteiro (Vicon®).

Os dados foram processados e analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab, versão 8.5.0.197613 (Mathworks®, Inc.).

Primeiramente, os dados antes de sua filtragem foram processados por meio de análise residual (WINTER, 1990), para estabelecimento de suas frequências de corte ideais, sendo que os dados de Torque foram filtrados com um Butterworth recursivo passa baixa de 4ª ordem com frequência de corte de 8 Hz; o sinal da análise cinemática com um Butterworth recursivo passa baixa de 4ª ordem com frequência de corte de 6 Hz e os dados de Força de Reação do solo com um Butterworth recursivo passa baixa de 4ª ordem com frequência de corte de 95 Hz.

O *onset* de movimento foi determinado por meio do método de limiar aplicado sobre a curva de deslocamento antero-posterior do Centro de Pressão (COP), onde o instante de *onset* é maior ou igual à média mais 3 Desvios Padrão calculados na linha base.

A completa execução do golpe compreende o intervalo entre o onset de movimento e o contato com o alvo.

2.4. Análise dos dados

2.4.1. Dados Cinemáticos

O deslocamento angular e a velocidade angular (θ , ω) do quadril e do joelho foram calculados a partir dos dados provenientes dos marcadores reflexivos (Figura 2).

Foi calculado o Pico de Velocidade Linear do Pé como a resultante da velocidade linear do marcador reflexivo do maléolo lateral nos 3 eixos.

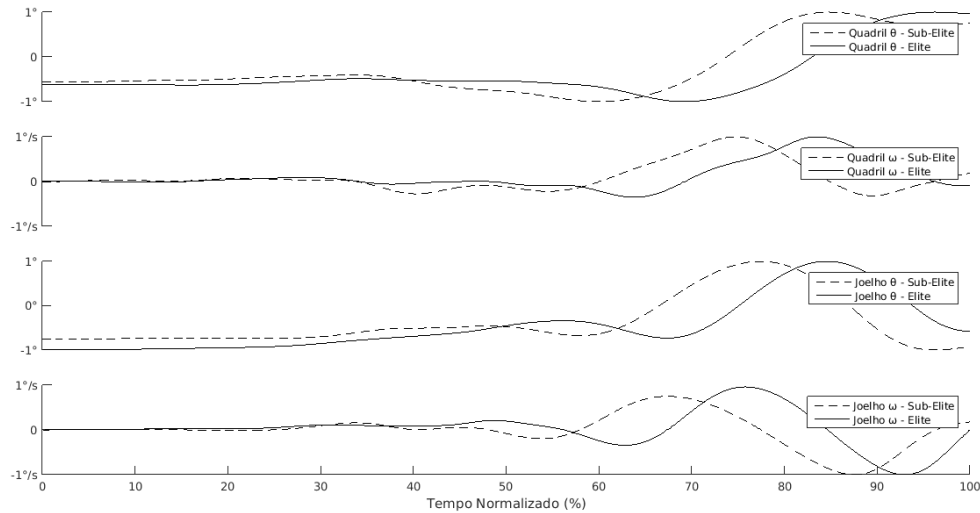


Figura 2. Dados cinemáticos das articulações do Quadril e Joelho de um sujeito de cada grupo

2.4.2. Gráficos de Fase

Para a construção dos gráficos de fase, primeiramente, os dados cinemáticos do Quadril e Joelho de cada tentativa foram interpolados para 2500 pontos utilizando funções Spline Cúbicas. O procedimento de interpolação serve para uniformizar as diferentes quantidades de amostras dos arquivos.

Os gráficos de fase (Figura 3) foram construídos a partir da Velocidade Angular em função do deslocamento angular.. Anteriormente ao cálculo do ângulo de fase (φ), os dados de deslocamento angular e velocidade angular foram normalizados para cada tentativa de acordo com o processo recomendado por Li et. al (1999), com a intenção de minimizar os efeitos de diferentes amplitudes de movimento (HAMILL et. al, 2000; LAMOTH et. al, 2002). As seguintes equações foram utilizadas para normalizar os dados:

$$\text{Eixo Horizontal (Deslocamento Angular): } \theta_i = \frac{2 * [\theta_i - \min(\theta_i)]}{\max(\theta_i) - \min(\theta_i)} - 1, \quad (1)$$

onde θ representa o ângulo da articulação e i cada amostra de dados no âmbito de cada tentativa. Esta normalização coloca a origem do eixo horizontal no meio do intervalo, enquanto normaliza o valor mínimo em -1 e o máximo em 1.

$$\text{Eixo Vertical (Velocidade Angular): } \omega_i = \frac{\omega_i}{R}, \quad (2)$$

onde R foi calculado como: $R = \{|\omega_i|\}$ e ω_i representa a velocidade angular a cada

amostra / de dados.

A maior magnitude positiva e negativa dos valores de velocidade angular para cada tentativa foram normalizadas para 1. A mesma escala foi aplicada então para todos os dados de velocidade angular na mesma tentativa. Este processo foi repetido em cada tentativa.

Para cada ponto do gráfico de fase, e para ambas articulações, quadril e joelho, o ângulo de fase (φ) foi computado como a inversa da tangente da razão entre a velocidade angular normalizada e o deslocamento angular normalizado, o que representa o ângulo formado entre uma linha com origem em (0,0) até o ponto (θ_i, ω_i) e o eixo horizontal à direita.

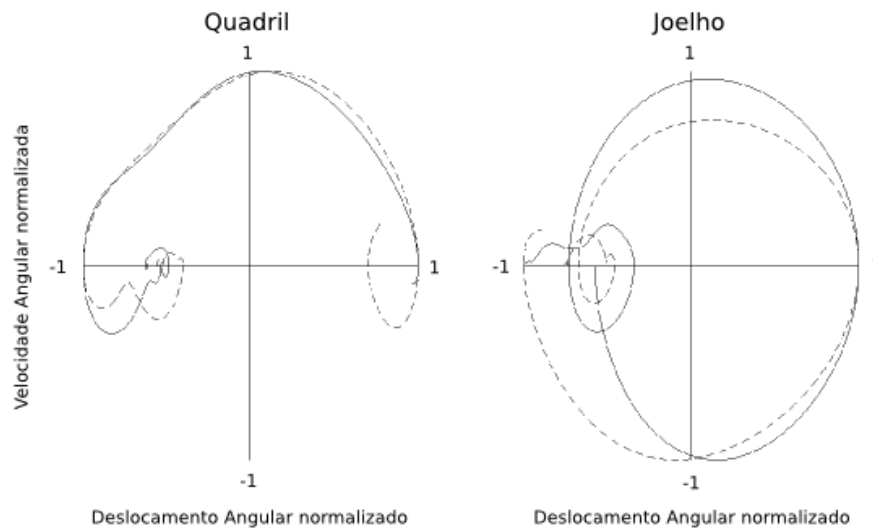


Figura 3. Gráfico de fase das articulações do quadril e joelho de um sujeito do grupo Elite (linha contínua) e de um sujeito do grupo Sub-elite (linha traçada)

2.4.3. Fase Relativa Contínua (FRC)

A FRC foi definida na amplitude de $-180^\circ < \varphi < 180^\circ$, como a diferença entre os ângulos de fase do segmento proximal (φ_{Quadril}) e do segmento distal (φ_{Joelho}) para cada amostra de dados da tentativa. A FRC é portanto, considerada como uma medida de coordenação entre o quadril e o joelho.

Um valor positivo de FRC reflete um maior ângulo de fase do quadril em relação ao joelho, reciprocamente um valor negativo de FRC reflete um maior ângulo de fase do joelho em relação ao quadril. Um maior ângulo de fase de uma articulação em relação à outra pode ser interpretado como um movimento mais lento ou de menor amplitude da articulação analisada, ou uma combinação de ambos os fatores.

A curva de FRC média do sujeito foi calculada como a média das curvas de

FRC das 5 tentativas de cada sujeito. O Pico da curva de FRC média do sujeito (Pico_FRC) foi calculado como o máximo valor a partir da flexão máxima da articulação do joelho até o impacto com o alvo, desta forma, buscou investigar o parâmetro de coordenação na fase de flexão da articulação do quadril e de extensão da articulação do joelho, que de acordo com Pozo et. al (2011) configura-se como a fase de ataque. O tempo em que ocorreu o Pico_FRC foi representado em percentual do tempo de execução do golpe. A curva de FRC média do grupo foi calculada como a média das curvas de FRC médias dos sujeitos de cada grupo.

2.4.4. Variabilidade

A variabilidade dentro dos dois grupos foi calculada a partir do Desvio Padrão das medidas de FRC. Os resultados destes cálculos são um indicativo da variabilidade de tentativa para tentativa e podem ser usados para comparar as características de estabilidade do sistema sobre os padrões de execução do Mae Geri (VAN EMMERIK & WAGENAAR, 1996). A variação de FRC para cada sujeito foi calculada como a média do DP de cada amostra da curva de FRC média do sujeito.

2.5. Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do *software PASW statistics 18.0* (SPSS®). Através do teste de Shapiro-Wilk foi constatado que todos os dados apresentaram-se paramétricos, então foi realizado o Teste T para amostras independentes afim de comparar as variáveis nos dois grupos. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

3. Resultados

3.1. Velocidade Linear do Pé

O grupo Elite apresentou um pico de velocidade linear do Pé ($9,521 \pm 0,804 \text{ m.s}^{-1}$) significativamente superior ao apresentado pelo grupo Sub-elite ($8,525 \pm 0,784 \text{ m.s}^{-1}$), como pode ser visto na figura 4 no painel superior à esquerda.

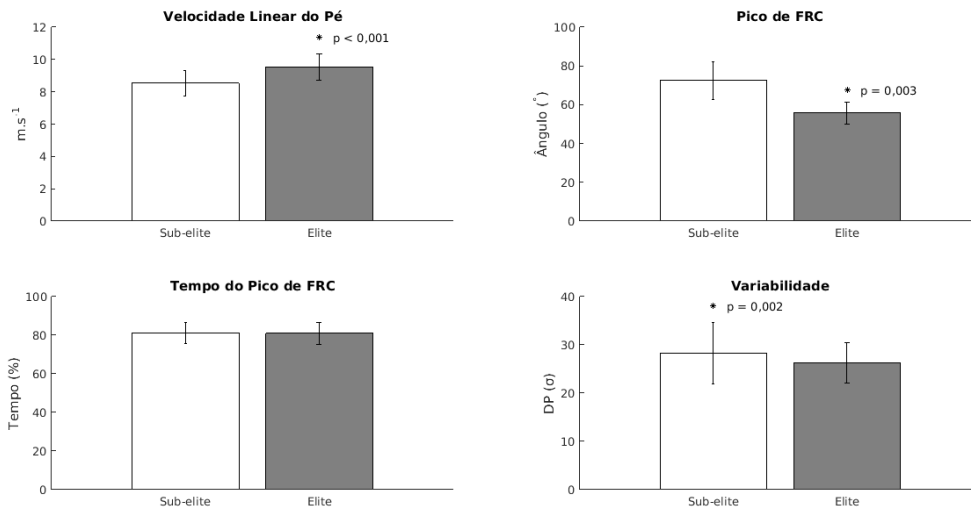


Figura 4. Gráficos comparativos dos resultados entre os grupos

3.2. Fase Relativa Contínua (FRC)

As curvas médias de FRC do grupo Sub-elite e grupo Elite estão apresentadas na figura 5.

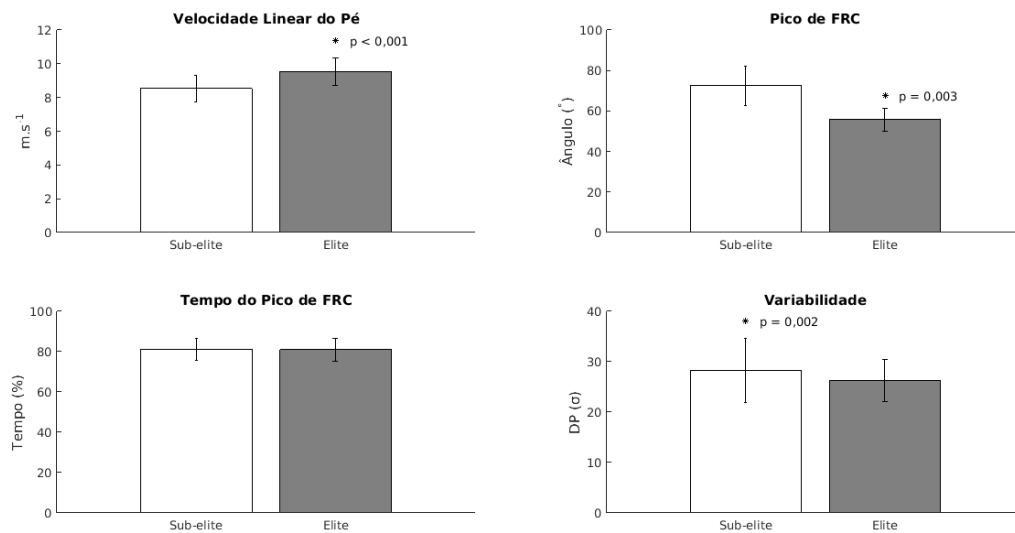


Figura 5. Curva de FRC média e curva de desvio padrão de FRC dos grupos

Pode-se observar um pico positivo mais próximo do final da execução do Mae

Geri, o que representa um maior ângulo de fase do Quadril em relação ao Joelho, o que ocorre devido a uma menor velocidade angular e um menor deslocamento angular desta articulação em relação ao Joelho nesta fase do golpe (Figura 5). Este pico apresenta-se significativamente maior para o grupo Sub-elite ($72,406^\circ \pm 9,592^\circ$) do que do Elite ($55,770^\circ \pm 5,703^\circ$) (Figura 4. Painel superior à direita).

O tempo percentual de ocorrência do Pico de FRC apresentou-se similar entre os grupos Sub-elite ($81,086 \pm 5,284\%$) e Elite ($81,006 \pm 5,651\%$) (Figura 4. Painel inferior à esquerda). Tal resultado representa a similaridade da forma de execução do Mae Geri entre os grupos.

3.3. Variabilidade

A variabilidade dos valores de FRC entre as tentativas (Figura 4. Painel inferior à direita) representada como a média do desvio padrão (σ) de cada amostra da curva de FRC média se mostrou significativamente maior para o grupo Sub-elite ($28,295^\circ \pm 6,309^\circ$) do que no Elite ($26,316^\circ \pm 4,218^\circ$), o que demonstra que o grupo Elite possui uma maior estabilidade do sistema durante a execução do Mae Geri.

4. Discussão

Concordando com os trabalhos de Blazevic et. al (2006) e de Ravier et. al (2003), que afirmam que a velocidade seja um dos principais fatores determinantes e preditores do desempenho do Karatê competitivo, os dados de nosso estudo apontam uma performance significativamente maior da Velocidade Linear do Pé pelos atletas do grupo Elite em comparação com os do Sub-elite.

Com relação aos valores de Pico da Curva de FRC mensurados a partir da flexão máxima da articulação do joelho durante a execução do golpe Mae Geri, o grupo Elite apresentou valores significativamente menores do que o Sub-elite, o que representa que os atletas de maior nível competitivo apresentam uma estratégia coordenativa mais efetiva neste intervalo de execução do golpe, já que tal fato configura um movimento mais em fase, ou seja, onde existe uma maior colaboração entre as articulações e por consequência uma menor interferência destrutiva, otimizando assim o efeito do deslocamento e velocidade angulares do quadril e do joelho na produção de velocidade do Pé (HAMILL et. al, 1999).

Apesar de utilizarem estratégias coordenativas distintas, os grupos se assemelham na execução do gesto técnico já que não foram encontradas diferenças

significativas no parâmetro temporal de comportamento do Pico de FRC.

O grau de variabilidade nos padrões coordenativos é um elemento importante no entendimento da dinâmica do movimento (HAMILL et. al, 2000). Um alto grau de variabilidade no movimento pode ser interpretado como: - benéfico se a ação a ser desempenhada envolver a necessidade de adaptação de padrões motores complexos; ou - prejudicial se a ação a ser desempenhada for pré-determinada e ausente de perturbações; (BUTTON et. al, 2006). Atletas de Elite possuem um excepcional domínio de seus movimentos, sendo que se excluídos fatores como transformações ambientais, patologias latentes, recuperação incompleta, e no desempenho de ações básicas possuem altíssimo grau de reprodutibilidade do movimento (PREATONI et. al, 2013). Em nosso estudo, os atletas do grupo Sub-elite, que possuem menor nível competitivo apresentaram um grau de variabilidade do padrão coordenativo significativamente maior em relação ao apresentado pelos atletas do grupo Elite. Tal fato concorda com o achado de Wilson et. al 2008, onde com o aumento da especialização esportiva de atletas de salto triplo, os padrões motores coordenativos vão se tornando mais consistentes e controlados, como efeito de refinamento, apresentando uma menor variabilidade das características coordenativas do gesto técnico à medida que a especialização na ação aumenta. Da mesma forma, Pozo et. al (2011), ao comparar a variabilidade durante a execução do Mae Geri em atletas de Karatê belgas de nível Nacional e Internacional, verificaram que os atletas de nível Internacional possuem menor variabilidade em parâmetros do movimento nas articulações do quadril, joelho e tornozelo.

5. Conclusão

As diferenças nos parâmetros coordenativos entre atletas de Sub-elite e Elite apontadas neste estudo parecem explicar a diferença no desempenho do golpe Mae Geri, mensurada pela velocidade linear do Pé, a qual demonstrou-se superior pelos atletas de maior nível competitivo.

Além disso, os resultados apontados neste estudo indicam que durante a execução do Mae Geri, o comportamento do deslocamento e velocidade angulares da articulação proximal (quadril), exercem papel determinante, podendo ser responsável por comprometer o resultado final da produção de Velocidade Linear no Pé que atinge o alvo.

Os atletas de Elite apresentaram menor variabilidade do padrão coordenativo entre as tentativas do golpe Mae Geri, permitindo constatar que os atletas de maior nível competitivo possuem maior refinamento técnico e capacidade de reprodutibilidade de suas ações. Sendo assim, a variabilidade pode ser um fator preditivo de desempenho na modalidade.

O presente estudo apresenta informações cruciais à técnicos e atletas da modalidade, apontando diferenças substanciais entre níveis competitivos no que diz respeito à parâmetros coordenativos durante a execução do Mae Geri. Todavia, são necessários estudos futuros nesta mesma temática envolvendo ações motoras mais complexas, para que se possa entender de forma mais aprofundada como o sistema de controle motor se especializa em tarefas mais próximas da realidade do combate na competição.

Referências

- BERNSTEIN, N. A. **The Coordination and regulation of movement**. London: Pergamon, 1967.
- BLAZEVIĆ, S.; KATIĆ, R.; POPOVIĆ, D. The effect of motor abilities on karate performance. **Collegium antropologicum**, v. 30, p. 327–333, 2006.
- BURGESS-LIMERICK, R.; ABERNETHY, B.; NEAL, R. J. Relative phase quantifies interjoint coordination. **Journal of Biomechanics**, v. 26, n. 1, p. 91–94, 1993.
- BUTTON, C.; DAVIDS, K.; SCHOLLHORN, W. Coordination Profiling of Movement Systems. In: DAVIDS, K.; BENNETT, S.; NEWELL, K. (Eds.). **Movement System Variability**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006. p. 133–152.
- COHEN, J. Statistical Power Analysis. **Current Directions in Psychological Science**, v. 1, n. 3, p. 98–101, 1992.
- DWORAK, L. B.; DZIEWIECKI, K.; MACZYNSKI, J. **Characteristics of Kinematics and Kinetics os Strokes in Karate - Biomechanical Approach**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005
- FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior research methods**, v. 39, n. 2, p. 175–91, 2007.
- HAMILL, J.; HADDAD, J. M.; MCDERMOTT, W. J. Issues in Quantifying Variability from a Dynamical Systems Perspectives. **Journal of applied biomechanics**, v. 16, p. 407–418, 2000.
- HAMILL, J.; HADDAD, J. M.; VAN EMMERIK, R. E. A. **Using Coordination Measures**

for Movement Analysis. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais.** Beijing, China: 2005

HAMILL, J.; VAN EMMERIK, R. E. A; HEIDERSCHEIT, B. C.; LI, L. A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. **Clinical Biomechanics**, v. 14, n. 5, p. 297–308, 1999.

HEIDERSCHEIT, B. C.; HAMILL, J.; VAN EMMERIK, R. E. **Q-angle influences on the variability of lower extremity coordination during running.** **Medicine and science in sports and exercise**, 1999.

KIM, Y. K.; KIM, Y. H.; IM, S. J. Inter-joint coordination in producing kicking velocity of taekwondo kicks. **Journal of sports science & medicine**, v. 10, n. 1, p. 31–8, 2011.

LAMOTH, C. J. C.; BEEK, P. J.; MEIJER, O. G. Pelvis–thorax coordination in the transverse plane during gait. **Gait & Posture**, v. 16, n. 2, p. 101–114, 2002.

LI, L.; VAN DEN BOGERT, E. C. H.; CALDWELL, G. E.; VAN EMMERIK, R. E. A; HAMILL, J. Coordination patterns of walking and running at similar speed and stride frequency. **Human Movement Science**, v. 18, n. 1, p. 67–85, 1999.

NAKAYAMA, M. **Dynamic Karate.** Tokyo: Kodansha America, Inc., 1986.

POZO, J.; BASTIEN, G.; DIERICK, F. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: comparison of national and international standard karate athletes. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 14, p. 1553–61, 2011.

PREATONI, E.; HAMILL, J.; HARRISON, A. J.; HAYES, K.; VAN EMMERIK, R. E. A; WILSON, C.; RODANO, R. Movement variability and skills monitoring in sports. **Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports**, v. 12, n. 2, p. 69–92, 2013.

RAVIER, G.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J. D. Comparaison de deux méthodes d'analyse des variables maximales de vitesse, force et puissance dans l'évaluation fonctionnelle en karaté. **Science & Sports**, v. 18, n. 3, p. 134–140, 2003.

SBRICCOLI, P.; CAMOMILLA, V.; DI MARIO, A.; QUINZI, F.; FIGURA, F.; FELICI, F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1269–80, 2010.

SFORZA, C.; TURCI, M.; GRASSI, G. P.; SHIRAI, Y. F.; PIZZINI, G.; FERRARIO, V. F. Repeatability of Mae-Geri-Keage in Traditional Karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. **Perceptual and Motor Skills**, v. 95, p. 433–444, 2002.

STERGIOU, N.; DECKER, L. M. Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? **Human Movement Science**, v. 30, n. 5, p. 869–888, 2011.

SØRENSEN, H.; ZACHO, M.; SIMONSEN, E. B.; DYHRE-POULSEN, P.; KLAUSEN, K. Dynamics of the martial arts high front kick. **Journal of sports sciences**, v. 14, n. 6, p.

483–495, 1996.

TEMPRADO, J.; DELLA-GRASTA, M.; FARRELL, M.; LAURENT, M. A novice-expert comparison of (intra-limb) coordination subserving the volleyball serve. **Human Movement Science**, v. 16, p. 653–676, 1997.

TOMIOKA, M.; OWINGS, T. M.; GRABINER, M. D. Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 17, n. 3, p. 181–187, 2001.

VAN EMMERIK, R. E. A; WAGENAAR, R. C. Effects of walking velocity on relative phase dynamics in the trunk in human walking. **Journal of Biomechanics**, v. 29, n. 9, p. 1175–1184, 1996.

VAN EMMERIK, R. E. A; VAN WEGEN, E. E. H. On variability and stability in human movement. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 16, n. 4, p. 394–406, 2000.

WILSON, C.; SIMPSON, S. E.; VAN EMMERIK, R. E. A; HAMILL, J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. **Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports**, v. 7, n. 1, p. 2–9, 2008.

WINTER, D. A. Muscle Mechanics. In: **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Second Edition. Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

3.5. Indicadores do Controle Neuromuscular de Atletas de Karatê de Sub-elite e Elite na Performance do Gyaku Tsuki

Introdução

O Karatê, cuja palavra é de origem japonesa, significa mãos vazias e é uma das versões para a arte do combate desarmado (ROSSI & TIRAPEGUI, 2007).

Desenvolvida no sul do Japão, na ilha de Okinawa, em meados do século XVIII, a prática do Karatê foi motivada em resposta à necessidade do uso de técnicas de luta efetivas sem a utilização de armas (WKF, 2013). É uma arte marcial que procura utilizar os movimentos dos membros superiores e inferiores que exigem do executante velocidade, técnica, precisão de movimento, e em especial, uma eficiente tomada de decisão durante a defesa, ataque e contra ataque aos golpes recebidos (SBRICCOLI et al., 2010).

Atualmente, o Karatê é uma arte marcial amplamente praticada no mundo e para que se firmasse como uma modalidade esportiva surgiu a necessidade da formulação de regras de combate para torná-lo competitivo (STEVENS, 2007).

Anteriormente a 2001, os ataques que eram desferidos contra o oponente não possuíam nenhum tipo restrição no que diz respeito ao impacto e os efeitos do mesmo no atleta que receberia o golpe. Atualmente, de acordo com as regras da Federação Mundial de Karatê (WKF) os ataques tem caráter representativo, sendo permitido apenas breve contato no momento do impacto do golpe, e ainda mais, sendo passível de punição se tal recomendação não for devidamente seguida (WKF, 2013). Tais mudanças foram necessárias porque o índice de lesões em competições conduzidas com a antiga regra era demasiado alto. Arriaza et. al (2009) compararam o índice de lesões em competições conduzidas com os dois sistemas de regras e encontraram que nas competições conduzidas após a implementação da nova regra o índice de lesão caiu para praticamente a metade do encontrado nas competições com a regra antiga.

Porém, as mudanças na regra inevitavelmente geraram modificações nas características da execução dos ataques. Antes os ataques possuíam uma característica de movimento tipicamente balístico, ou seja, atingir o alvo com a maior aceleração e velocidade possível (ZEHR & SALE, 1994). Todavia, os movimentos tipicamente balísticos são pré-programados e uma vez que o comando central o tenha

formulado e enviado aos neurônios motores, não há nenhuma alteração da ativação dos motoneurônios baseada em feedback periférico (ZEHR et. al, 1997).

Atualmente, sob a nova regra competitiva, os atletas necessitam controlar a velocidade do golpe, de forma que atinja a maior velocidade possível durante o percurso, chegando ao alvo com a velocidade próxima de zero. Tal manobra pode tornar o desempenho da técnica facilmente percebido por parte do adversário se o mesmo não atingir um alto Pico de velocidade e se o tempo necessário ao processo de frenagem não for o mais curto possível. Lestienne (1979) investigou o efeito de diferentes velocidades, diferentes amplitudes e diferentes cargas inerciais no processo de frenagem de flexão/extensão da articulação do cotovelo, onde constatou que a duração da atividade da musculatura agonista e o onset da atividade da musculatura antagonista tiveram clara correlação com o Pico de velocidade, e além disso, que o aumento das cargas inerciais com um mesmo Pico de velocidade aumentaram o nível de excitação de ambas as musculaturas, agonista e antagonista, porém sem alterar as características temporais dos bursts eletromiográficos. Porém com o aumento da carga inercial e do Pico de velocidade, o aumento do nível de excitação da musculatura antagonista foi maior em relação ao aumento na musculatura agonista.

Jaric et. al (1995) verificaram que Antagonistas mais fortes, condicionados por um programa de treinamento, podem melhorar a performance de movimentos rápidos do cotovelo, uma vez que facilitam a frenagem do movimento em um curto intervalo de tempo, provendo assim uma maior duração da fase de aceleração e uma maior velocidade do movimento.

Sbriccoli et. al (2010) investigaram o mecanismo de cocontração na performance do chute frontal de atletas de Karatê e apontam que este mecanismo não serve apenas como proteção à uma dada articulação mas também um mecanismo de controle fino do movimento.

Dentre os golpes utilizados no Karatê, o Gyaku Tsuki representa 50 % do total das técnicas utilizadas em um combate oficial de Karatê (CHAABÈNE et. al, 2014). Segundo Witte et. al (2005) e Emmermacher et. al (2005) o Gyaku Tsuki é um soco executado com o avanço da mão juntamente com o avanço do membro inferior contralateral na postura Zen Kutsu Dachi na qual o atleta está com um membro inferior a frente e com joelho flexionado e o outro membro com o quadril e joelho estendido,

ambos em contato com o solo.

Portanto, este estudo teve como objetivo investigar e comparar o comportamento do mecanismo de cocontração em atletas de Karatê de nível Sub-elite e Elite durante a execução do Gyaku Tsuki.

Método

Amostra

De acordo com a análise de poder estatístico conduzida nos dados piloto deste estudo, para teste de diferenças entre duas médias independentes (dois grupos), e utilizando o software G*Power[®] (versão 3.1.9.2), foi estimada uma amostra de 14 atletas, 7 em cada grupo, para condições de 80% de poder e um effect size entre 0.5 e 0.8. Esta estimativa foi baseada em uma diferença detectável de 1.0, mínima correlação de 0.8 e alpha (α) de 0,05 em 4 variáveis de importância deste estudo (COHEN, 1992; FAUL et. al, 2007).

Participaram do estudo 14 voluntários do gênero masculino, na faixa etária de 18 a 35 anos, praticantes competitivos de Karatê, os quais foram divididos em 2 subgrupos, de acordo com seu nível competitivo atual: grupo elite (GE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível nacional ou internacional (Idade: $26,300 \pm 6,900$ anos; Massa Corporal: $77,471 \pm 12,758$ kg; Estatura: $1,711 \pm 0,077$ m; Percentual de Gordura: $12,586 \pm 6,678$ %); e grupo Sub-elite (GSE), constituído por 07 indivíduos, faixas pretas e competidores em nível regional ou estadual (Idade: $27,514 \pm 6,136$ anos; Massa Corporal: $75,064 \pm 8,938$ kg; Estatura: $1,716 \pm 0,062$ m; Percentual de Gordura: $15,114 \pm 5,894$ %).

Os critérios de exclusão dos participantes consistiram da presença de dor, fratura, ou lesão grave em tecidos moles nos 6 meses pregressos ao estudo, bem como histórico de alterações cognitivas, neurológicas, cardiovasculares ou respiratórias. Tais critérios foram investigados através de entrevista prévia ao início das avaliações.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética Local e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Procedimentos de Coleta de Dados

Avaliação dos golpes

Por ser um dos golpes mais utilizados durante a prática do Karatê, foi escolhido

o Gyaku Tsuki (soco invertido), (HOFMANN et al., 2008) (Figura 1).

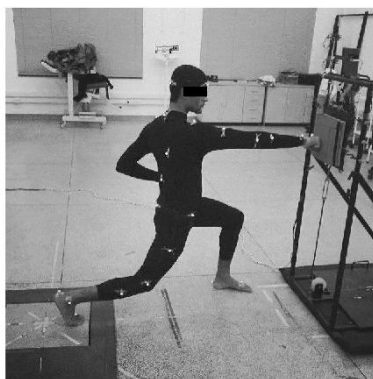


Figura 1. Execução do Gyaku Tsuki

Para a captação dos sinais eletromiográficos durante a aplicação dos golpes, foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos via wireless (Noraxon[®]) de 16 canais, calibrado com frequência de amostragem de 1500 Hz, ganho total de 2000 vezes (20 vezes no sensor e 100 vezes no equipamento), filtro passa alta de 20 Hz, filtro passa baixa de 500 Hz. Foram utilizados eletrodos de superfície de Ag/AgCl (Meditrace[®]), em configuração bipolar, com área de captação de 1cm de diâmetro e distância inter-eletrodos de 2cm. Os eletrodos foram posicionados no lado dominante, nos músculos Deltóide Anterior (DA), Deltóide Posterior (DP), Bíceps Braquial (BB) e Tríceps Braquial (TB), segundo as normas da SENIAM (HERMENS et al., 2000).

A coleta dos dados cinemáticos foi realizada simultaneamente aos dados eletromiográficos durante a realização dos golpes. Para isto utilizou-se de 07 câmeras T10 com 250 fps (Vicon[®]) e *software* cinemático Vicon Nexus (Vicon[®]). Para a reconstrução do movimento, marcadores reflexivos (Vicon[®]) foram fixados bilateralmente, de acordo com o modelo PluginGait para corpo inteiro (Vicon[®]).

Os golpes foram realizados sobre um alvo instrumentalizado no Laboratório de Biomecânica da Unesp (Figura 2.A), composto de Leds, os quais foram estímulos visuais ao voluntário que em seguida realizava o golpe atingindo um sensor de contato, que gerava um estímulo simultâneo aos outros equipamentos utilizados sendo assim um marcador do final da realização do movimento. Este sensor de contato era composto de um sensor piezoelétrico de 30 mm fixado a um bloco de Etil Vinil Acetato com dimensões de 24 cm x 27 cm. (Figura 2.B). Tanto o sistema de Leds como o sensor de contato foram controlados por uma placa micro controladora Arduino modelo

“MEGA 2560” (Figura 2.C).

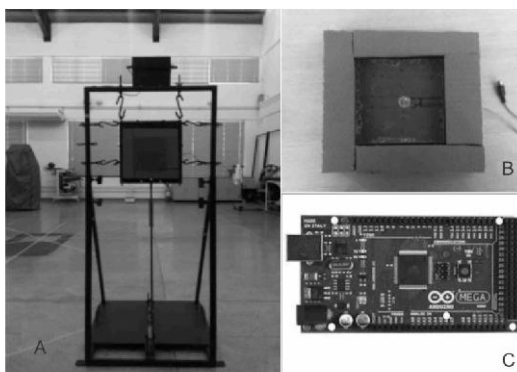


Figura 2. Alvo Instrumentalizado

Tanto o *firmware* alocado na placa como o *software* que comanda o sistema de Leds e sensor de contato foram desenvolvidos em linguagem C++. Os sinais provenientes do alvo instrumentado foram sincronizados com o sistema de aquisição de sinais biológicos via wireless (Noraxon®) e unidade analógico-digital Vicon® através de input analógico emitido aos dois sistemas simultaneamente.

Cinco golpes foram realizados unilateralmente, e iniciados de acordo com o estímulo visual fornecido pelo sistema de Leds. O sujeito partiu de uma posição natural com os pés paralelos (Shizen Tai)(Figura 1).

A validade do golpe foi avaliada por um árbitro da Federação Paulista de Karatê, o qual após a execução de cada golpe pelo atleta dava o comando para parar, voltar à posição inicial e reiniciar. Durante todo procedimento de avaliação dos golpes foram coletados os dados eletromiográficos e cinemáticos.

Análise dos dados

Os dados foram processados e analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab, versão 8.5.0.197613 (Mathworks®, Inc.).

Primeiramente, os dados antes de sua filtragem foram processados por meio de análise residual (WINTER, 1990), para estabelecimento de suas frequências de corte ideais, sendo que o sinal da análise cinemática foi filtrado com um Butterworth recursivo passa baixa de 4ª ordem com frequência de corte de 6 Hz.

Através dos dados fornecidos pela reconstrução do movimento obtida dos

marcadores foram calculados o Pico de Velocidade Linear do Punho, a Velocidade Linear Média do Punho, o Pico de Aceleração linear do Punho e o Pico de Desaceleração Linear do Punho (Figura 3). Todas as variáveis citadas acima foram calculadas através de derivação da resultante dos valores de deslocamento linear do marcador reflexivo lateral do Punho nos três eixos. Ainda foi calculado o Tempo de Frenagem, sendo este o intervalo entre o Pico de Velocidade Linear do Punho e o mínimo valor da curva de Aceleração Linear do Punho (obtido entre o Pico de Velocidade Linear do Punho e o contato com o alvo).

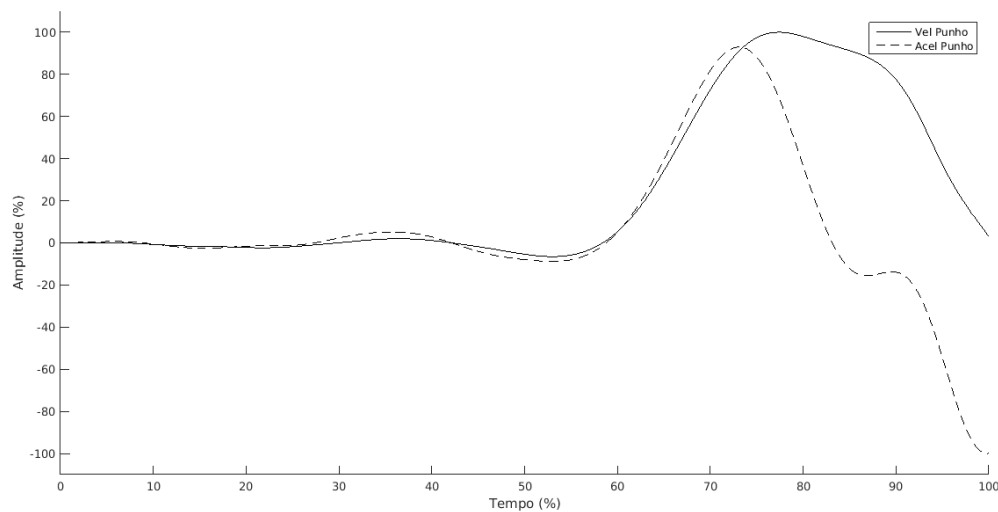


Figura 3. Velocidade e Aceleração lineares do Punho de um sujeito como exemplo

Para análise do índice de cocontração (Figura 4), primeiramente o sinal eletromiográfico (EMG) foi retificado por onda cheia e depois submetido à um filtro Butterworth recursivo passa baixa de 6 Hz para criação do envelope linear. Após o processo de criação do envoltório o sinal EMG foi normalizado pelo Pico do envelope linear do sinal EMG do músculo em questão atuando como agonista durante uma contração voluntária máxima realizada em um equipamento System 4 PRO (Biodex). foi aplicada a seguinte equação criada em nosso laboratório (1) no sinal eletromiográfico dos pares de músculos agonistas e antagonistas dos movimentos de flexão e extensão do Ombro e do Cotovelo:

$$Cocon = 100 - \left(\frac{(((\int Agonista + \int Antagonista) - (\int comum entre Agonista e Antagonista * 2)) * 100)}{((\int Agonista + \int Antagonista) - \int comum entre Agonista e Antagonista)} \right) \quad (1)$$

O índice de Cocontração foi calculado em percentual e nas fases de aceleração

e desaceleração após a flexão máxima da articulação do Cotovelo durante a execução do Gyaku Tsuki.

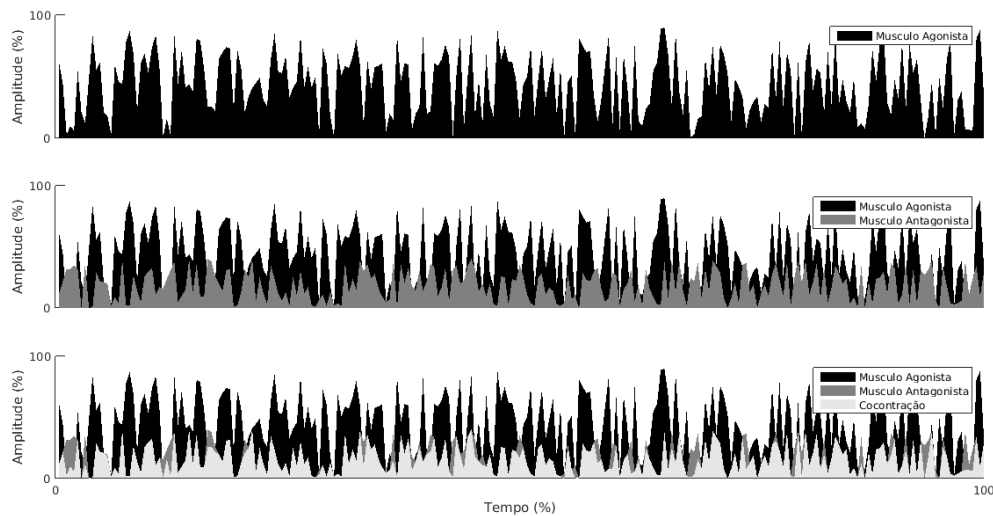


Figura 4. Mecanismo de Cocontração

Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do *software PASW statistics 18.0* (SPSS®). Após verificação da normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk foi realizado o Teste T para amostras independentes nos dados paramétricos e o teste de U Mann-Whitney para os não-paramétricos, afim de comparar as variáveis nos dois grupos. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Os resultados estão disponíveis em média \pm desvio padrão nos dados paramétricos e mediana (intervalo interquartil) nos dados não-paramétricos, seguidos da significância apresentada pelo teste utilizado para comparação entre os grupos.

Na tabela 1 pode-se visualizar os resultados provenientes da análise cinemática, onde os atletas de Elite são significativamente superiores em praticamente todas as variáveis, tendo como exceção somente a Velocidade Linear Média do Punho (Vel_media_Punho) que se mostrou similar entre os grupos.

Tabela 1 – Dados Cinemáticos

| | Sub-elite | Elite | p |
|---|---------------------|---------------------|---------|
| Pico_Vel_Punho (m.s ⁻¹) | 6,093 (0,810) | 7,287 (1,700) | 0,000 * |
| Vel_media_Punho (m.s ⁻¹) | 1,456 (0,330) | 1,358 (0,279) | 0,605 |
| Pico_Acel_Punho (m.s ⁻²) | 49,301 \pm 11,682 | 63,032 \pm 24,423 | 0,004 * |
| Pico_Desacel_Punho (m.s ⁻²) | 92,096 (22,486) | 103,755 (27,989) | 0,004 * |
| T_freio_Punho (s) | 0,093 (0,023) | 0,080 (0,016) | 0,013 * |

* Indica diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0.05$).

No que diz respeito aos índices de Contração calculados nas diferentes fases de execução do Gyaku Tsuki, o grupo Elite apresentou um valor significativamente maior no percentual de coativação entre os músculos Tríceps Braquial (Agonista) e Bíceps Braquial (Antagonista) durante a fase de desaceleração do golpe (Tabela 2).

Tabela 2 – Índice de Cocontração

| | Sub-elite | Elite | p |
|-------------------------|-----------------|-----------------|--------|
| Cocon DA DP acel (%) | 42,665 (19,756) | 40,887 (19,018) | 0,738 |
| Cocon DA DP desacel (%) | 21,897 (28,276) | 24,719 (35,754) | 0,677 |
| Cocon TB BB acel (%) | 25,784 (37,236) | 19,135 (22,894) | 0,499 |
| Cocon TB BB desacel | 31,670 (21,233) | 48,284 (36,353) | 0,022* |

* Indica diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0.05$).

Discussão

A diferença entre atletas de Karatê de Elite e Sub-elite na performance do Pico de velocidade linear do punho encontradas neste estudo, é consequência do Pico de aceleração linear que se mostrou superior quando desempenhada pelos atletas de Elite e confirma o que foi indicado anteriormente por Blazevic et. al (2006) e Ravier et. al (2003), que a velocidade seja um dos principais fatores determinantes e preditores do desempenho do Karatê competitivo. Tal fato também concorda com os resultados encontrados por Cesari & Bertuccio (2008), que ao comparar atletas de Karatê de diferente níveis, verificaram maiores valores de velocidade de membros superiores nos atletas de maior nível.

Assim como os achados de Zehr et. al (1997), Sbriccoli et. al (2010) e Quinzi et. al (2013), foram encontrados índices de contração tanto na fase de aceleração como de desaceleração do golpe. Porém, o índice de cocontração significativamente mais alto apresentado pelos atletas do grupo Elite na fase de desaceleração explica a diferença apresentada entre os grupos na capacidade de desaceleração, onde os atletas de nível mais alto desaceleram o movimento de forma mais intensa e breve. Quinzi et. al (2013) encontraram informações similares ao compararem atletas experientes e amadores no desempenho do Mawashi Geri (Roundhouse Kick), em duas situações, com e sem impacto com o alvo, onde comparado ao nosso estudo, na tarefa sem impacto os atletas experientes apresentaram maiores índices de coativação agonista/antagonista, sendo maiores os índices apresentados pela musculatura responsável pelos movimentos da articulação distal (Joelho). Em nosso estudo, as diferenças encontradas também apresentaram-se na musculatura responsável pelos movimentos da articulação distal em nossa tarefa (Cotovelo).

Conclusão

Em conclusão, os atletas de ambos os grupos apresentaram uma típica estratégia de ativação neuromuscular durante a execução do golpe. Porém os atletas de nível competitivo mais alto apresentaram um maior nível de ativação da musculatura antagonista durante a desaceleração, estratégia esta, adotada para obter um melhor controle da velocidade do movimento, podendo assim ter maior intervalo de aceleração, aumentando a capacidade da mesma em gerar velocidade, bem como, diminuindo o intervalo de frenagem, tornando o golpe menos perceptível ao oponente.

Os resultados dos parâmetros analisados e apresentados neste estudo representam uma adaptação neuromuscular diferenciada por parte dos atletas de Elite, possivelmente como resultado de um maior refinamento técnico. Futuros estudos são necessários nesta temática afim de investigar possíveis metodologias de treinamento que sejam provedoras destas adaptações neuromusculares.

Referências

- ARRIAZA, R.; LEYES, M.; ZAEIMKOHAN, H.; ARRIAZA, A. The injury profile of karate world championships: new rules, less injuries. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA**, v. 17, n. 12, p. 1437–42, 2009.
- BLAZEVIĆ, S.; KATIĆ, R.; POPOVIĆ, D. The effect of motor abilities on karate performance. **Collegium antropologicum**, v. 30, p. 327–333, 2006.
- CESARI, P.; BERTUCCO, M. Coupling between punch efficacy and body stability for elite karate. **Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia**, v. 11, n. 3, p. 353–6, 2008.
- CHAABANE, H.; MKAOUER, B.; FRANCHINI, E.; SOUISSI, N.; SELMI, M. A.; NAGRA, Y.; CHAMARI, K. Physiological Responses and Performance Analysis Difference between Official and Simulated Karate Combat Conditions. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 1, p. 21–29, 2013.
- COHEN, J. Statistical Power Analysis. **Current Directions in Psychological Science**, v. 1, n. 3, p. 98–101, 1992.
- EMMERMACHER, P.; WITTE, K.; HOFMANN, M. **Acceleration Course of Fist Push of Gyaku-Zuki**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005.
- FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior research methods**, v. 39, n. 2, p. 175–91, 2007.
- HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of

recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–74, 2000.

HOFMANN, M.; WITTE, K.; EMMERMACHER, P. **Biomechanical Analysis of Fist Punch Gyaku-Zuki in Karate**. XXVI International Conference on Biomechanics in Sports. **Anais**. Seoul, Korea: 2008.

JARIĆ, S.; ROPRET, R.; KUKOLJ, M.; ILIĆ, D. B. Role of agonist and antagonist muscle strength in performance of rapid movements. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 71, n. 5, p. 464–468, 1995.

LESTIENNE, F. Effects of inertial load and velocity on the braking process of voluntary limb movements. **Experimental Brain Research**, v. 35, n. 3, p. 174–176, 1979.

QUINZI, F.; CAMOMILLA, V.; FELICI, F.; DI MARIO, A.; SBRICCOLI, P. Differences in neuromuscular control between impact and no impact roundhouse kick in athletes of different skill levels. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 23, n. 1, p. 140–50, 2013.

RAVIER, G.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J. D. Comparaison de deux méthodes d'analyse des variables maximales de vitesse, force et puissance dans l'évaluation fonctionnelle en karaté. **Science & Sports**, v. 18, n. 3, p. 134–140, 2003.

ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê. **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**, v. 15, n. 3, p. 39–46, 2007.

SBRICCOLI, P.; CAMOMILLA, V.; DI MARIO, A.; QUINZI, F.; FIGURA, F.; FELICI, F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1269–80, 2010.

STEVENS, J. **Três mestres do Budo: Kano (judô), Funakoshi (Karatê), Ueshiba (aikido)**. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 2007.

WINTER, D. A. Muscle Mechanics. In: **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Second Edition. Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

WITTE, K.; EMMERMACHER, P.; HOFMANN, M.; SCHWAB, K.; WITTE, H. **Electromyographic Researches of Gyaku-Zuki in Karate Kumite**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005.

WORLD KARATE FEDERATION. **Kata and Kumite Competition - Rules revision 8.0 - Effective from 1.1.2013**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wkf.net/pdf/wkf-kataandkumite-competition-rules.pdf>>.

ZEHR, E. P.; SALE, D. G. Ballistic movement: muscle activation and neuromuscular adaptation. **Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee**, v. 19, n. 4, p. 363–378, 1994.

ZEHR, E. P.; SALE, D. G.; DOWLING, J. J. Ballistic movement performance in karate athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 10, p. 1366–73, out. 1997.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O treinamento de alto nível permite o desenvolvimento reflexo dos praticantes de karatê quando submetidos a estímulos visuais como demonstrado nos atletas do grupo Elite e com conseqüente diminuição do tempo de execução dos golpes. Tal fato aparentemente configura-se como conseqüência da capacidade de antecipar suas ações por possuir melhores habilidades perceptuais e cognitivas, bem como, por produzir maiores picos e médias de velocidade componentes, que no caso, são as velocidades angulares produzidas pelos movimentos articulares do Ombro e do Cotovelo durante o golpe Gyaku Tsuki e do Quadril e do Joelho durante o golpe Mae Geri. Outro fato a ser ressaltado é a diferença na estratégia de propulsão entre os grupos, onde o grupo Elite tem sua capacidade de aumentar o estado ativo em menor tempo por meio da maior produção de força no tempo, quando comparado ao Sub-elite.

Por não terem sido encontradas maiores evidências de diferenças em capacidades físicas entre os grupos, concluímos que as variáveis temporais, cinéticas e cinemáticas da execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri são as particularmente valiosas para a investigação científica de particularidades na modalidade esportiva do Karatê. Porém, quando o foco é desempenho geral do golpe, o que adquire destacada importância é a forma como se dá o relacionamento entre as variáveis acima citadas, constituindo uma capacidade de coordenação entre os segmentos que produzem este desempenho geral.

Desta forma, as diferenças nos parâmetros coordenativos entre atletas de Sub-elite e Elite apontadas neste estudo parecem explicar a diferença no desempenho do golpe, demonstrada como superior pelos atletas de maior nível competitivo e que obtida pela velocidade linear do segmento que é projetado ao alvo. Apesar de o gesto técnico parecer similar entre os grupos, a coordenação intra-segmentos, que no caso deste estudo se deu entre as articulações do ombro e do cotovelo durante o golpe Gyaku Tsuki e entre as articulações do quadril e o joelho durante o golpe Mae Geri, se mostrou superior nos atletas de Elite, fato este demonstrado por meio de sua elevada capacidade de manter em fase os segmentos envolvidos no desempenho da técnica. Foi possível também, por meio da variabilidade calculada entre as tentativas do golpe, constatar que os atletas de Elite possuem maior refinamento técnico e capacidade de reprodutibilidade de suas ações, assim configurando nesta variável mais um fator preditivo de desempenho.

Com relação à capacidade de controle da velocidade do golpe, os atletas de ambos os grupos apresentaram uma típica estratégia de ativação neuromuscular. Porém os atletas de nível competitivo mais alto apresentaram um maior nível de ativação da musculatura antagonista, estratégia esta, adotada para obter um melhor controle da velocidade do movimento, podendo assim ter maior intervalo de aceleração, aumentando a capacidade da mesma em gerar velocidade, bem como, diminuindo o intervalo de frenagem, tornando o golpe menos perceptível ao oponente. Os resultados dos parâmetros analisados e apresentados neste estudo representam uma adaptação neuromuscular diferenciada por parte dos atletas de Elite, possivelmente como resultado de um maior refinamento técnico. Futuros estudos são necessários nesta temática a fim de investigar possíveis metodologias de treinamento que sejam provedoras destas adaptações neuromusculares.

O presente estudo apresenta informações interessantes à técnicos e atletas da modalidade, apontando indicadores biomecânicos que demonstram as diferenças entre níveis competitivos no que diz respeito a execução dos golpes Gyaku Tsuki e Mae Geri. Todavia, identificamos que a tarefa solicitada em nossa metodologia foi constituída de características pouco ecológicas, muito justificada em razão da necessidade de extremo controle de variáveis que seriam potencialmente intervenientes nos resultados. Assim, verificamos que são necessários estudos futuros nesta mesma temática envolvendo ações motoras mais complexas e ecológicas, para que se possa entender de forma mais aprofundada como estes indicadores que apontamos se comportam em tarefas mais próximas da realidade do combate na competição.

5. REFERÊNCIAS

- ARRIAZA, R.; LEYES, M.; ZAEIMKOHAN, H.; ARRIAZA, A. The injury profile of karate world championships: new rules, less injuries. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA**, v. 17, n. 12, p. 1437–42, 2009.
- DORIA, C.; VEICSTEINAS, A.; LIMONTA, E.; MAGGIONI, M. A.; ASCHIERI, P.; EUSEBI, F.; FANÒ, G.; PIETRANGELO, T. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **European journal of applied physiology**, v. 107, n. 5, p. 603–10, 2009.
- EMMERMACHER, P.; WITTE, K.; HOFMANN, M. **Acceleration Course of Fist Push of Gyaku-Zuki**. XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Beijing, China: 2005
- HOFMANN, M.; WITTE, K.; EMMERMACHER, P. **Biomechanical Analysis of Fist Punch Gyaku-Zuki in Karate**. XXVI International Conference on Biomechanics in Sports. **Anais**. Seoul, Korea: 2008
- POZO, J.; BASTIEN, G.; DIERICK, F. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: comparison of national and international standard karate athletes. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 14, p. 1553–61, 2011.
- ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê. **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**, v. 15, n. 3, p. 39–46, 2007.
- SBRICCOLI, P.; CAMOMILLA, V.; DI MARIO, A.; QUINZI, F.; FIGURA, F.; FELICI, F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 6, p. 1269–80, 2010.
- SFORZA, C.; TURCI, M.; GRASSI, G.; FRAGNITO, N.; PIZZINI, G.; FERRARIO, V. F. The repeatability of choku-tsuki and oi-tsuki in traditional Shotokan karate: a morphological three-dimensional analysis. **Perceptual and motor skills**, v. 90, n. 3 Pt 1, p. 947–60, 2000.
- SFORZA, C.; TURCI, M.; GRASSI, G. P.; SHIRAI, Y. F.; PIZZINI, G.; FERRARIO, V. F. Repeatability of Mae-Geri-Keage in Traditional Karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. **Perceptual and Motor Skills**, v. 95, p. 433–444, 2002.
- SØRENSEN, H.; ZACHO, M.; SIMONSEN, E. B.; DYHRE-POULSEN, P.; KLAUSEN, K. Dynamics of the martial arts high front kick. **Journal of sports sciences**, v. 14, n. 6, p. 483–495, 1996.
- STEVENS, J. **Três mestres do Budo: Kano (judô), Funakoshi (Karatê), Ueshiba (aikido)**. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 2007.
- STULL, R. A.; BARHAM, J. N. **An Analysis of Work and Power Produced by Different Karate Styles in The Karate Reverse Punch in Front Stance**. VI International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais**. Bozeman, Montana: 1988a
- STULL, R. A.; BARHAM, J. N. **An Analysis of Movement Patterns Utilized by**

Different Styles in The Karate Reverse Punch in Front Stance. VI International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais.** Bozeman, Montana: 1988b

SUWARGANDA, E. K.; RAZALI, R. A.; WILSON, B.; FLYGER, N.; PONNIYAH, A. **Analysis of Performance of the Karate Punch (Gyaku-Zuki).** XXVII International Conference on Biomechanics in Sports. **Anais.** Limerick, Ireland: 2009

WILLIAMS, A. M.; DAVIDS, K.; WILLIAMS, J. G. **Visual perception and action in sport.** London: E & FN Spon, 1999.

WILSON, C.; SIMPSON, S. E.; VAN EMMERIK, R. E. A; HAMILL, J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. **Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports**, v. 7, n. 1, p. 2–9, 2008.

WITTE, K.; EMMERMACHER, P.; HOFMANN, M.; SCHWAB, K.; WITTE, H. **Electromyographic Researches of Gyaku-Zuki in Karate Kumite.** XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports. **Anais.** Beijing, China: 2005

WORLD KARATE FEDERATION. **Kata and Kumite Competition - Rules revision 8.0 - Effective from 1.1.2013.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wkf.net/pdf/wkf-kataandkumite-competition-rules.pdf>>.

6. ANEXOS

6.1. Anexo 1 – TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Conselho Nacional de Saúde- Resolução 196/96)

Você está sendo convidado a participar do estudo “**BIOMECÂNICA DO KARATE: ANÁLISE DE ATLETAS DE DIFERENTES NÍVEIS DE EXPERIÊNCIA**”. Com intuito de esclarecer possíveis dúvidas seguem abaixo informações a respeito do estudo.

Nosso objetivo é analisar variáveis biomecânicas do Karate nos golpes Mae-Geri e Gyaku-Tsuki em indivíduos com diferentes níveis de experiência.

As avaliações consistirão de avaliação dinamométrica, cinética, cinemática e eletromiográfica. Na avaliação dinamométrica você será posicionado no equipamento System 4 PRO (Biodex) onde realizará avaliação da força da articulação do joelho; a avaliação cinemática refere-se a análise do movimento e será realizada durante a execução dos golpes de Karate por meio de um sistema de 7 câmeras (Vicon[®]) (antes da avaliação serão colocados marcadores básicos fotorreflexivos que possibilitam a captação dos movimentos em diversos pontos anatômicos do indivíduo) e a eletromiográfica possibilitará a análise da ativação dos músculos durante a aplicação dos golpes de Karate (previamente a esta avaliação serão colocados eletrodos sobre sua pele). Para isto será realizada a raspagem da pele com lamina descartável e limpeza da pele com álcool, como forma de evitar possíveis interferências no sinal eletromiográfico.

Informamos que nenhuma das etapas da avaliação oferece qualquer risco grave à sua saúde, tão pouco o expõe a situações constrangedoras. Poderá ocorrer vermelhidão no local da colocação dos eletrodos e possível dor muscular decorrente de atividade física, porém ambos prevalentes em curto período de tempo.

Este estudo almeja, além de incentivar uma maior aderência e investimento no Karate, colaborar com o entendimento das variáveis biomecânicas e com isso contribuir para o aperfeiçoamento da técnica e melhoria na execução dos padrões de movimento de ataque e defesa nesse esporte.

Garantimos a confidencialidade das informações geradas e a privacidade do indivíduo. Os dados serão utilizados apenas para fins acadêmicos e seu nome não será divulgado ou citado em nenhum momento.

A recusa do indivíduo em participar do estudo será sempre respeitada, possibilitando que seja interrompida a rotina de avaliações a qualquer momento, a critério do indivíduo.

A qualquer momento o indivíduo poderá requisitar informações esclarecedoras sobre o estudo, por meio de contato com os pesquisadores.

Se você estiver suficientemente esclarecido sobre sua participação nessa pesquisa, convido-o a assinar este Termo elaborado em duas vias, sendo que uma via ficará com você e a outra com os pesquisadores.

Rio Claro, ____ de _____ de 2014.

Assinatura do pesquisador responsável
(Prof. Dr. Mauro Gonçalves)

Assinatura do participante

Contatos e Questões:

BIOMECÂNICA DO KARATE: ANÁLISE DE ATLETAS DE DIFERENTES NÍVEIS DE EXPERIÊNCIA

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Mauro Gonçalves

Cargo/função: Professor Titular

Instituição: Universidade Estadual Paulista (UNESP)/ Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologia

Endereço: Av. 24-A, nº 1515. Laboratório de Biomecânica. Rio Claro. São Paulo.

Dados para Contato: fone (19) 3526-4345 e-mail: goethel@rc.unesp.br

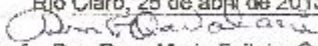
Dados do indivíduo:

Nome: _____ Sexo: F() M()

RG: _____ Data de nascimento: ____ / ____ / ____

Endereço: _____ **Fone:** _____

6.2. Anexo 2 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa Local

| | | |
|--|--|--|
| unesp | UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Campus de Rio Claro | COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA CEP- IB-UNESP- RIO CLARO |
| DECISÃO CEP Nº 036/2013 | | |
| Instituição: UNESP – IB – CRC | | Departamento: Educação Física |
| Protocolo nº: 3705 Data de Registro CEP: 27.07.2011 | | |
| Projeto de Pesquisa: "Biomecânica do karate: análise de atletas com diferentes níveis de experiência" | | |
| Pesquisa Individual | Pesquisador Responsável: Mauro Gonçalves | |
| | Colaboradores: Camila Zamfolini Hallal, Nise Ribeiro Marques, Deborah Hebling Spinoso, Aline Harumi Karuka e Márcio Fagundes Goethel | |
| Pesquisa Alunos de Graduação | Pesquisador Responsável: -- | |
| | Orientando(a): -- | |
| Pesquisa Alunos de Pós-Graduação | Pesquisador Responsável: -- | |
| | Orientador: -- | |
| Objetivo Acadêmico: | <input type="checkbox"/> TCC <input type="checkbox"/> Mestrado <input type="checkbox"/> Doutorado <input checked="" type="checkbox"/> Outros – (especificar) Projeto de Pesquisa (Docente) | |
| O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP – Campus de Rio Claro, em sua 57ª reunião ordinária, realizada em 22/04/2013 . | | |
| <input type="checkbox"/> | Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator. | |
| <input type="checkbox"/> | Desde que atendidas as pendências apontadas na reunião (vide anexo), aprova o Projeto de Pesquisa acima citado. | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Referendou o Projeto de Pesquisa acima citado. | |
| <input type="checkbox"/> | Aprovou retornar ao interessado para atendimento das pendências encontradas (prazo máximo de 60 dias): | |
| <input type="checkbox"/> | Não Aprovou. | |
| <input type="checkbox"/> | Retirou, devido à permanência das pendências. | |
| <input type="checkbox"/> | Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado e o encaminha, com o devido parecer, para apreciação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa- CONEP/MS, por se tratar de um dos casos previstos no capítulo VIII, item 4.c. | |
| "Formulário para Acompanhamento dos Protocolos de Pesquisa Aprovados" | | |
| Data de Entrega: Janeiro de 2014 | | |
| Rio Claro, 25 de abril de 2013. | | |
|  Prof. Dra. Rosa Maria Feiteiro Cavaleri Coordenadora do CEP | | |
| <small>Instituto de Biociências – Seção Técnica Acadêmica Avenida 24-A nº 1515 - CEP 13506-900 - Rio Claro - S.P. - Brasil - tel 19 3526-4105 - fax 19 3534-0008 - http://www.rc.unesp.br</small> | | |