

Artigo Original de Investigação

Alterações cinemáticas decorrentes da motivação e presença de alvo – O caso do *Gyaku Tsuki*

Kinematic changes due to target and motivation – The case of *Gyaku Tsuki*

João Pinto¹, Tiago Atalaia^{1*}, Ricardo Pedro¹

¹ Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa.

Enquadramento teórico: A adaptação do ser humano aos diferentes tipos de ambiente em que se pode desenvolver uma determinada tarefa motora é fundamental para o desenvolvimento de novas estratégias de percepção e acção.

Objectivo: Ponderar sobre a influência do alvo e da motivação verbal nas alterações cinemáticas durante a execução do *gyaku tsuki* na postura inicial de *zendkutsu dachi*.

Metodologia: Um executante masculino (idade 20 anos, 1º *dan*) realizou a técnica de *gyaku tsuki* em quatro ambientes distintos: treino sem motivação e sem alvo; treino com motivação sem alvo; treino com alvo sem motivação e treino com alvo e motivação. Para observar o comportamento motor do ponto de vista cinemático, utilizou-se uma câmara de vídeo com velocidade de captura de 25Hz. As gravações obtidas foram digitalizadas de forma a criar um modelo biomecânico para o cálculo da variação angular através da aplicação do produto escalar.

Resultados: Foram registadas alterações cinemáticas no ambiente treino com alvo e motivação, em relação ao ambiente sem alvo ou motivação, nomeadamente no aumento da flexão do membro inferior de apoio e flexão do cotovelo do lado da mão de ataque.

Conclusão: A ausência do alvo e motivação durante o treino parece reproduzir um comportamento motor diferente daquele que ocorre num ambiente mais próximo do combate, pela introdução do alvo e motivação. Este facto poderá contribuir para uma diminuição do desempenho do atleta colocando-o com maior predisposição à ocorrência de lesões.

Background: It is of great importance that the individual is able to adapt to different environments where a task can be accomplished, which enables the development of strategies based on new perceptions and actions.

Objective: To verify the kinematic changes occurring by the modification of the environment where the gyaku tsuki technique is performed.

Methods: A male subject (age 20, 1st dan) performed the gyaku tsuki technique in four distinct environments: practice without target; practice without target and with verbal motivation; practice with target and without verbal motivation; practice with target and verbal motivation. The motor behavior was registered using a 25Hz video camera. The records were digitalized to create a biomechanical model that allows the calculation of the intersegment angular variation, allowing the kinematic study.

Results: Kinematic changes were registered in the different environments, with respect to the presence of target and verbal motivation, specifically an increased flexion of the supporting lower limb and elbow flexion of the attacking upper limb.

Conclusion: The absence of target and verbal motivation during a gyaku tsuki practice seems to produce a motor behavior different from the one produced in an environment closer to competition (with target and verbal motivation). This change of behavior can predispose the athlete to the occurrence of injury.

PALAVRAS-CHAVE: *Aprendizagem motora; movimento humano; motivação; karate; cinemática.*

KEY WORDS: *Motor learning; human movement; motivation; karate.*

* **Correspondência:** Tiago Atalaia. Email: tatalaia@esscvp.eu

INTRODUÇÃO

A aprendizagem de tarefas motoras é inerente ao treino sistemático que resulta em alterações do comportamento motor, resultando da associação de mecanismos de controlo a esse processo (Godinho, Melo & Barreiros, 2005).

A natureza da tarefa realizada determina, em parte, o tipo de movimento necessário e a regulação do mesmo (Cook & Woollacott, 2000). Os profissionais ligados ao movimento, mostram cada vez maior interesse em saber como se aprende a controlar e a prever as consequências de acções realizadas em ambientes previsíveis e imprevisíveis (Davidson & Wolpert, 2003).

As limitações impostas pelo ambiente onde decorre a acção influenciam a habilidade do executante em recolher rápida e eficazmente a informação do mesmo, que lhe permita tomar uma decisão e organizar o comportamento motor mais adequado (Houlston & Lowes, 1993).

Deste modo, é importante que o executante de determinada acção ou tarefa motora se adapte a realizá-la em diversos ambientes, alguns dos quais semelhantes com aqueles que se irá deparar quando tiver de realizar essa mesma acção, de modo a tornar mais eficiente a selecção da resposta motora sendo criadas novas estratégias perceptivas para o desempenho dessa acção (Godinho, Melo e Barreiros, 2005).

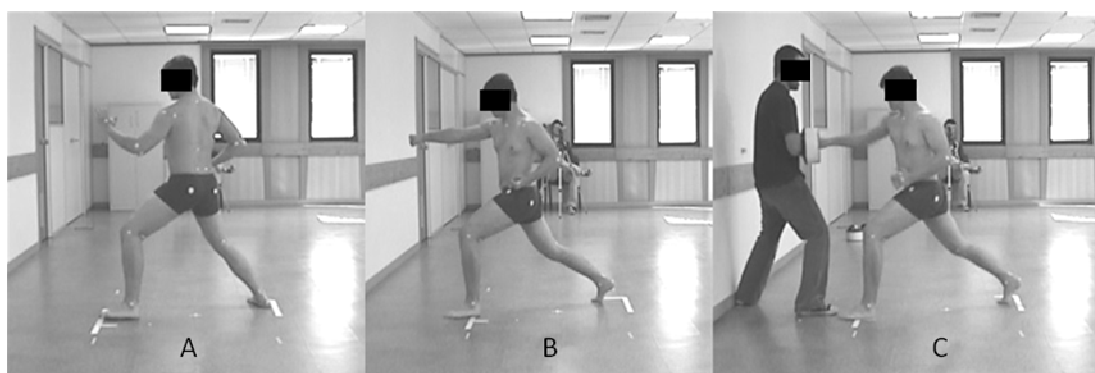
O *zenkutsu dachi* é uma das posições mais utilizadas no *Karate* e caracteriza-se pela posição de duplo apoio, em que o membro inferior colocado anteriormente apresenta uma flexão da anca e joelho, e o posterior, colocado atrás do outro, apresenta extensão da anca e joelho. Os pés encontram-se afastados à largura dos ombros e o peso corporal distribuído com cerca de 70% sobre o membro inferior posterior (Yamaguchi, 1984). O *gyaku tsuki* (Figura 1) é caracterizado pela projecção da mão contrária ao pé de apoio anterior do atleta (Gulledge & Dapena, 2007).

O objectivo deste trabalho é verificar a influência da presença de alvo e motivação na existência de alterações cinemáticas no decorrer da execução do *gyaku tsuki* na postura inicial de *zenkutsu dachi*.

METODOLOGIA

A amostra deste estudo foi seleccionada por conveniência e constitui-se por um sujeito, masculino, de 20 anos de idade, praticante de *Karate* com o nível 1º *dan*. O registo vídeo foi obtido através de uma câmara vídeo da marca Sony (modelo DCR-TRV 140) com uma frequência de amostragem de 25Hz. Para o estudo foi seleccionado o plano sagital (correspondente ao perfil esquerdo do atleta). Foi criada uma área de captura com 1m² de modo a garantir a posição do executante dentro da mesma

Figura 1 – Execução do *gyaku tsuki* (retirada da amostra do estudo).



A – Posição inicial sem alvo; B – Posição final sem alvo; C – Posição final com alvo

área, permitindo a obtenção de ensaios comparáveis. A câmara de vídeo foi colocada a 5m de distância e a 1m de altura de modo a que a totalidade do executante fosse observada. Os pontos de referência à digitalização do modelo biomecânico de 21 pontos proposto por Abrantes (2008) foram marcados com recurso a material reflector para facilitar o processo de digitalização. Foram executadas 15 repetições do gesto *gyaku tsuki* (Figura 1) em cada um dos quatro ambientes em estudo (1 - ausência de alvo e motivação; 2 - presença de alvo sem motivação; 3 - sem alvo com motivação; 4 - alvo e motivação). O alvo consistia num plastron usualmente utilizado em treino (Figura 1C) e a motivação era efectuada através de palavras de incentivo. Em cada ambiente, foram seleccionados os 10 ensaios intermédios (do 3º ao 12º), de modo a eliminar variações da dinâmica do gesto relacionadas com a habituação inicial e a fadiga final. As 15 repetições foram executadas de seguida (sem intervalo de descanso entre repetições) como num treino normal, sendo aguardado um minuto entre a execução da série de repetições por ambiente em estudo. O registo vídeo foi convertido a fotogramas com recurso ao programa *Windows Movie Maker* da *Microsoft*, sendo a obtenção das coordenadas dos pontos de digitalização para a criação do modelo biomecânico obtidas com recurso ao *software DigitizeXY 3.0*. O modelo biomecânico de 21 pontos, permite o cálculo da relação intersegmentar com recurso ao produto escalar. Para a realização dos cálculos foi utilizado o *Microsoft Office Excel 2007*.

A imagem inicial coincide com o início do deslocamento descendente do centro de massa do executante, sendo a final correspondente ao final da execução da técnica (punho atinge o objectivo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podem observar-se os valores relativos à média de variação angular ($\Delta\theta$) dos vários segmentos e média dos valores angulares na posição inicial (Figura 1 A) e final (Figura 1B e 1C). A Tabela 2 contém os intervalos de tempo correspondentes à execução

da técnica em cada um dos quatro ambientes em estudo.

Da análise da Tabela 1, é possível verificar que existe uma maior flexão de todo o membro inferior esquerdo (o membro inferior anterior), assim como do cotovelo esquerdo, no ambiente 4. Por sua vez, no ambiente 1, as articulações do joelho, tornozelo e cotovelo direitos mostram maiores valores de flexão enquanto no ambiente 4 estes apresentam os menores valores de flexão.

Na articulação da anca direita, o valor mais elevado de flexão surge no ambiente 3, enquanto nos ambientes 2 e 4, os valores mantêm-se equivalentes. A articulação do punho direito mantém valores elevados de flexão em todos os ambientes.

Da análise da Tabela 2, podemos verificar que a técnica é realizada a uma velocidade superior nos ambientes 3 e 4 (em que a motivação está associada). Este estudo apenas constitui uma primeira abordagem à temática em questão, dado o limitado número de executantes, e as condições laboratoriais de recolha de dados. No entanto, permite retirar alguns dados pertinentes, respectivamente à variação do comportamento angular em cada execução realizada. Este dado é expectável se considerarmos que o movimento humano, aspecto visível do comportamento motor, consiste na reprodução de padrões variáveis que dependem da estratégia de adaptação desenvolvida pelo executante, sendo logo não determinista (Abrantes, 2008). Este movimento pode então ser alterado por factores internos e externos (Hamilton, Weimar & Luttgens, 2008), sendo a influência externa o factor do presente estudo. No ambiente 4, verificou-se um aumento dos valores de flexão do membro inferior esquerdo (de apoio), no ambiente em que estavam presentes o alvo e a motivação verbal. Parece que a existência conjunta de alvo e motivação implica uma necessidade de aumento da flexão de forma a potencializar o deslocamento descendente do centro de massa como contributo para a concretização do objectivo motor. Este ambiente é aquele que hipoteticamente mais se assemelha à situação de combate, existente na prática do *Karate*.

Tabela 1 – Dados recolhidos relativos à média da variação angular e aos valores médios articulares na posição inicial e final.

Articulação	Ambiente	Média inicial (graus)	Média final (graus)	Média $\Delta\theta$ (graus)	Articulação	Ambiente	Média inicial (graus)	Média final (graus)	Média $\Delta\theta$ (graus)
Anca (dta)	01	46,4	66,3	-19,9	Anca (esq)	01	9,7	4,2	5,5
	02	45,6	70,2	-24,6		02	9,3	3,7	5,6
	03	46,3	64,8	-35,6		03	8,0	3,9	4,1
	04	46,7	70,0	-23,3		04	13,4	3,0	10,4
Joelho (dto)	01	54,4	63,5	-9,1	Joelho (esq)	01	30,1	51,4	-21,3
	02	51,9	57,4	-5,5		02	30,0	50,5	-20,5
	03	52,7	52,5	0,2		03	30,5	46,7	-16,2
	04	52,5	50,8	1,7		04	20,9	47,1	-26,2
Tornozelo (dto)	01	35,6	26,5	-9,1	Tornozelo (esq)	01	9,2	8,6	0,6
	02	39,8	77,6	37,8		02	6,0	2,2	3,8
	03	37,8	76,4	38,6		03	9,7	0,2	9,5
	04	39,0	77,7	34,1		04	10,0	-2,3	12,3
Cotovelo (dto)	01	81,4	28,2	53,2	Cotovelo (esq)	01	79,6	99,6	-20
	02	73,4	25,6	47,8		02	73,8	107,4	-33,6
	03	73,8	28,4	45,4		03	64,0	105,6	-41,6
	04	68,0	35,6	32,4		04	49,9	105,8	-55,9
Punho (dto)	01	---	13,0	---					
	02	---	13,0	---					
	03	---	11,0	---					
	04	---	12,3	---					

Notas:

Média inicial e final – correspondem aos valores médios das articulações em estudo dos 10 ensaios seleccionados.

Atribuição de significado por articulação:

Anca – variação entre 0° e 180° corresponde a flexão; 180° para 0° corresponde a extensão.

Joelho – variação entre 0° e 180° corresponde a flexão; 180° para 0° corresponde a extensão.

Tornozelo – variação entre 0° e 90° corresponde a flexão dorsal; de 0° a -90° corresponde a flexão plantar.

Cotovelo – variação entre 0° e 180° corresponde a flexão; 180° para 0° corresponde a extensão.

Punho – apenas indicada a variação final correspondente a flexão do punho.

$\Delta\theta$ – Variação angular – refere-se à amplitude de movimento existente entre a posição inicial e final.

O aumento da flexão neste gesto, pode contribuir para um aumento da incidência de lesões pela acção muscular excêntrica associada. Segundo Maggee, Zachazewski & Quillen (2007) esta acção excêntrica pode afectar estruturas tendinosas como o tendão rotuliano (devido ao seu trabalho excêntrico no controlo da flexão do joelho) e o tendão de Aquiles (no controlo excêntrico da flexão dorsal do tornozelo).

A repetição contínua desta acção ao longo do tempo pode constituir factor de risco para o desenvolvimento de tendinopatias.

Os movimentos balísticos, como o caso do *gyaku tsuki*, são controlados por um programa motor definido e implementado antes do movimento se iniciar e que decorrerá até que este atinja o seu

objectivo motor sem alterações. Esta pré-selecção do programa e a pré-activação muscular necessária, quer seja correcta ou não, ocorre na totalidade do movimento observado (Pezarat, 1999). Deste modo, apenas por acção de *feedback* posterior se poderiam corrigir variações angulares incorrectas no decorrer do gesto.

Uma explicação possível para a existência de diferenças acentuadas nos valores de flexão do membro inferior esquerdo nos ambientes 3 e 4 prende-se com a presença ou não de alvo. Esta variável surge como um factor de motivação, o que como referido por Cohen (2001) faz com que as motivações originadas no indivíduo sejam formatadas em programas motores distintos, havendo posteriormente uma diferente activação dos músculos seleccionados e dos parâmetros temporais em que estes serão activados. Isto implica que a sequenciação muscular necessária para uma estabilidade articular eficaz ao longo da execução de um movimento se adeque ao contexto em que o mesmo decorre. A ausência deste reconhecimento parece levar à selecção de programas motores semelhantes mas não adaptados e, desta forma, não adequados.

No ambiente 4, verifica-se a menor extensão do cotovelo direito no momento do impacto com o alvo. Este atraso na extensão poderá ser devido a um

problema de pré-activação. A pré-activação é essencial pois contribui para a restrição e organização correcta do sistema dinâmico nas suas múltiplas capacidades. Ao aumentar os níveis de antecipação da actividade muscular para cargas externas, a rigidez muscular é aumentada levando a maior resistência ao alongamento e consequentemente a uma melhor eficiência mecânica (Voight, Hoogenboom & Prentice, 2007).

É na ausência de motivação e alvo (ambiente 1) que existe um aumento da flexão do joelho direito e flexão plantar do tornozelo direito assim como uma menor flexão do membro inferior esquerdo. Este facto poderá ser explicado pela ausência de motivação e de alvo o que induz uma menor velocidade de execução, como verificado pelo aumento do intervalo de tempo neste ambiente. Podemos então dizer que a imagética (associada ao treino sem alvo) desempenha um papel pouco relevante para o desempenho de uma técnica eficaz apesar da correcta realização. Isto contraria o afirmado por Cohen (2001) em que um dos processos fundamentais para a aprendizagem de uma tarefa é a imagética. Este aumento do valor de flexão do joelho e da flexão plantar do tornozelo pode também ser associado a uma rotação interna da anca (não medida) com o objectivo de obter um maior controlo da execução técnica.

Tabela 2 – Média do tempo de execução da técnica por ambiente (valores expressos em segundos).

Ensaio	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4
01	0,52	0,52	0,32	0,36
02	0,48	0,40	0,36	0,40
03	0,48	0,36	0,44	0,44
04	0,40	0,44	0,36	0,32
05	0,48	0,56	0,36	0,36
06	0,56	0,48	0,32	0,32
07	0,48	0,36	0,32	0,32
08	0,44	0,36	0,32	0,32
09	0,44	0,40	0,24	0,40
10	0,48	0,44	0,28	0,32
Média	0,48	0,42	0,32	0,36

Através da análise do intervalo de tempo médio da execução da técnica em cada ambiente, parece existir uma relação entre a motivação e o aumento da velocidade de execução. Relacionando o tempo de execução com a motivação e as variações angulares (anteriormente referidas) do membro inferior esquerdo e cotovelo direito, verifica-se que esta relação corrobora o referido por Voight, Hoogenboom & Prentice (2007) ou seja, a realização da técnica por ser efectuada a uma velocidade muito elevada, leva a que não exista tempo para gerar o erro, detectar o erro, determinar a correcção, iniciar a correcção e corrigir o movimento antes de este estar concluído. Considerando que o maior número de horas dispendidas no treino de *Karate* tem como objectivo o aperfeiçoamento da técnica (Barreira & Massimi, 2002) e que este ocorre geralmente sem a presença de alvo (Hamilton et al, 2008), a motivação verbal é importante no decorrer do treino. Considerando a relação aparente verificada anteriormente entre o ambiente 4 e o alinhamento do cotovelo (maior flexão na altura do contacto com o alvo), pode-se ponderar a necessidade de execução de um gesto específico num ambiente específico para a obtenção de uma harmonia do mesmo (Godinho, Melo e Barreiros, 2005). Como mencionado, a alteração do ambiente levou à falha da relação ambiente – tarefa, essencial à mobilização de um adequado programa motor, reafirmado a necessidade desta relação no desenvolvimento de um movimento eficaz (Cook & Woollacott, 2000).

Por outro lado, nos ambientes 3 e 4, de uma forma geral, a motivação parece não melhorar a qualidade da execução técnica do *gyaku tsuki*. Isto contraria o estudo de Engelmann, Damaraju, Padmala & Pessoa (2009), em que os autores referem que a motivação é um componente que permite a melhoria do desempenho comportamental. No entanto, se considerarmos este desempenho comportamental como o empenho em atingir o objectivo, então podemos verificar que a motivação realmente contribuiu para esse fim, mesmo com a diminuição da qualidade técnica.

O facto de existirem maiores alterações cinemáticas no ambiente 4 (presença de alvo e motivação),

poderá indicar que o treino apenas com a imagem de alvo pode conduzir a uma menor adaptação do executante às necessidades do ambiente competitivo, colocando-o mais predisposto à ocorrência de lesões. Assim, o treino deveria reflectir a realidade, sendo fundamental a inclusão do alvo e motivação na maioria do treino. Só assim se poderão criar alterações prolongadas no padrão do *input* sensorial que alterem a representação somatotípica do corpo na zona do córtex somatosensorial (Rosenkranz & Rothwell, 2006) e a organização do córtex motor, de modo a haver uma adaptação correcta ao ambiente e à execução eficaz da tarefa (Cook & Woollacott, 2000).

CONCLUSÃO

O ambiente em que decorre a realização/aprendizagem da tarefa motora altera a forma como é processado o padrão de movimento reflexo do comportamento motor desenvolvido pelo executante. Este, tendo a capacidade de se adaptar, cria estratégias diferentes quando sujeito a diferentes condições na relação ambiente – tarefa. No caso do treino de determinado gesto técnico, a aproximação às condições reais – ambiente competitivo – parece ser determinante na execução da tarefa de uma forma eficaz. Assim, o treino deveria aproximar-se dessa realidade, parecendo que a utilização do treino baseado na imagética apresenta problemas na transição para o ambiente real através da mobilização de estratégias diferentes de execução da tarefa.

O fisioterapeuta, no intuito de prevenir a ocorrência de lesões, deverá ter consciência deste facto, contribuindo para a elaboração de programas de treino mais adequados à diminuição da incidência de lesões, ou à elaboração do processo de recuperação do atleta lesado, diminuindo a incidência de recidiva.

REFERÊNCIAS

- Abrantes, J. M. C. S. (2008). *Fundamentos e elementos de análise em biomecânica do movimento humano*. Lisboa: MovLab - Universidade Lusófona. Disponível on-line: http://movlab.ulusofoa.pt/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=159&Itemid=196&lang=pt.
- Barreira, C. R. A. & Massimi, M. (2002). A moralidade e a atitude mental no Karate-do no pensamento de Gichin Funakoshi. *Memorandum*, 2, 39-54. Disponível on-line: <http://www.fafich.ufmg.br/~memorandum/artigos02/artigo05.pdf>
- Cohen, H. (2001). *Neurociência para fisioterapeutas: Incluindo correlações clínicas* (2.ª ed.). São Paulo: Manole.
- Correia P. P. (1999). *Anatomofisiologia Tomo II: Função neuromuscular*. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.
- Davidson, P. R. & Wolpert, D. M. (2003). Motor learning and prediction in a variable environment. *Current Opinion in Neurobiology*, 13(2), 232-237.
- Engelmann, J. B., Damaraju, E., Padmala, S. & Pessoa, L. (2009). Combined effects of attention and motivation on visual task performance: Transient and sustained motivational effects. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 1-17.
- Godinho, M., Mendes, R., Melo, F., Matos, R. & Barreiros, J. (2005). *Controlo motor e aprendizagem: Trabalhos práticos* (2.ª ed.). Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa – Faculdade de Motricidade Humana.
- Gulledge, J. K. & Dapena, J. (2008). A comparison of the reverse and power punches in oriental martial arts. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 189-196.
- Hamilton, N., Weimar, W. & Luttgens, K. (2008). *Kinesiology: Scientific basis of human motion* (11.ª ed.). New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Houlston, D. & Lowes, R. (1993). Anticipatory cue-utilization process amongst expert and non-experts wicketkeepers in cricket. *International Journal of Sport Psychology*, 24, 59-73.
- Magee, D. J., Zachazewski, J. E. & Quillen, W. S. (2007). *Scientific foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation*. St Louis: Saunders Elsevier.
- Rosenkranz, K. & Rothwell, J. C. (2006). Spatial attention affects sensorimotor reorganisation in human motor cortex. *Experimental Brain Research*, 170(1), 97-108.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. (2000). *Motor control: Theory and practical applications* (2.ª ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Voight, M., Hoogenboom, B. & Prentice, W. (2007). *Musculoskeletal interventions: Techniques for therapeutic exercise*. New York: McGraw-Hill.
- Yamaguchi, G. (1999). *Goju Ryu Karate Do Kyohan*. Hollywood: Rising Sun Productions.