

ATLETAS DE TAEKWONDO TÊM MELHOR CONTROLE POSTURAL DO QUE ATLETAS DE HANDEBOL E FUTEBOL AMERICANO



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

ATLETAS DE TAEKWONDO TIENEN MEJOR CONTROL POSTURAL QUE ATLETAS DE HANDBALL Y FÚTBOL AMERICANO

TAEKWONDO ATHLETES HAVE BETTER POSTURAL CONTROL THAN HANDBALL AND AMERICAN FOOTBALL ATHLETES

Nelson Akio Shirabe^{1,2}

(Fisioterapeuta)

Rubens Alexandre da Silva^{1,2,3,4}

(Fisioterapeuta)

Márcio Rogério Oliveira^{1,2,3}

(Fisioterapeuta)

Alexandre Henrique Nowotny^{1,3}

(Fisioterapeuta)

Leandro Amaral Sturion^{1,3}

(Fisioterapeuta)

André Wilson de Oliveira Gil¹

(Fisioterapeuta)

Rodrigo Antonio Carvalho

Andraus^{1,3}

(Fisioterapeuta)

Adriana Paula Fontana Carvalho^{1,3}

(Fisioterapeuta)

1. Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), Centro de Pesquisa em Ciências da Saúde, Laboratório de avaliação funcional e desempenho motor humano (LAFUP), Londrina, PR, Brasil.
2. Programa de Mestrado Profissional em Promoção de Exercícios e Saúde, UNOPAR, Londrina, PR, Brasil.
3. Programa de Doutorado em Ciências de Reabilitação, UEL / UNOPAR, Londrina, PR, Brasil.
4. Programme de Physiothérapie de l'Université McGill offert en extension à l'UQAC, Département des Sciences de la Santé, Saguenay, Québec, Canada.

Correspondência:

Laboratório de avaliação funcional e desempenho motor humano (LAFUP), Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), Londrina, PR, Brasil. Av. Paris, 675, Jd. Piza, Londrina, PR, Brasil. 86041-140. rubens@unopar.br rubens_dasilva@uqac.ca

RESUMO

Introdução: O controle postural é um pré-requisito importante para o desempenho do atleta no esporte. Além disso, o sistema de controle postural contribui para a prevenção de lesões. Déficits nesse sistema podem levar a instabilidade corporal e sobrecarga das estruturas musculoesqueléticas, gerando disfunção e dor. **Objetivos:** A proposta deste estudo foi avaliar o controle postural em três diferentes modalidades esportivas: taekwondo, handebol e futebol americano. **Métodos:** Todos os atletas executaram o teste de equilíbrio unipodal sobre uma plataforma de força nos membros inferiores direito e esquerdo. Foram realizados três testes de trinta segundos cada, com os olhos abertos. A média dos três testes foi utilizada para mensurar os parâmetros de controle postural, centro de pressão e velocidade dos deslocamentos anteroposteriores e mediolaterais. **Resultados:** Diferenças significativas foram observadas entre os três grupos em todos os parâmetros analisados ($P < 0,04$). A análise post hoc revelou que os atletas de taekwondo tiveram melhor controle postural ($P = < 0,035$) dos membros inferiores em comparação com as outras duas modalidades. Não foram observadas diferenças significativas entre o handebol e o futebol americano. **Conclusão:** Os atletas do taekwondo têm melhor controle postural durante o teste de equilíbrio unipodal do que os atletas do handebol e do futebol americano.

Descritores: postura; esportes; atletas.

ABSTRACT

Introduction: Postural control is an important prerequisite for an athlete's performance in sport. In addition, the postural control system contributes to injury prevention. Deficits in this system can lead to body instability and overload of musculoskeletal structures generating dysfunction and pain. **Objectives:** The purpose of this study was to evaluate postural control in three different sports modalities: taekwondo, handball, and American football. **Methods:** All athletes performed a one-legged stance/balance test on a force platform in the right and left lower limbs. Three tests of thirty seconds each were performed with eyes open. The mean of the three tests was used to measure the parameters of postural control, pressure center and velocity of anteroposterior and mediolateral displacements. **Results:** Significant differences were observed among the three groups in all analyzed parameters ($P = < 0.04$). Post-hoc analysis revealed that taekwondo athletes had better postural control ($P = < 0.035$) of lower limbs compared to the other two modalities. There were no significant differences between handball and American football. **Conclusion:** Taekwondo athletes have better postural control during the one-legged stance/balance test than handball and American football athletes.

Keywords: posture; sports; athletes.

RESUMEN

Introducción: El control postural es un prerequisite importante para el desempeño del atleta en el deporte. Además, el sistema de control postural contribuye a la prevención de lesiones. Los déficits en este sistema pueden llevar a la inestabilidad corporal y sobrecarga de las estructuras musculoesqueléticas, generando disfunción y dolor. **Objetivos:** La propuesta de este estudio fue evaluar el control postural en tres diferentes modalidades deportivas: taekwondo, handball y fútbol americano. **Métodos:** Todos los atletas ejecutaron la prueba de equilibrio unipodal sobre una plataforma de fuerza en los miembros inferiores derecho e izquierdo. Se realizaron tres pruebas de treinta segundos para cada una, con los ojos abiertos. El promedio de las tres pruebas se utilizó para medir los parámetros de control postural, centro de presión y velocidad de los desplazamientos anteroposteriores y mediolaterales. **Resultados:** Diferencias significativas se observaron entre los tres grupos en todos los parámetros analizados ($P = < 0,04$). El análisis post hoc reveló que los atletas de taekwondo tuvieron mejor control postural ($P = < 0,035$) de las extremidades inferiores en comparación con las otras dos modalidades. No se observaron diferencias significativas entre el handball y el fútbol americano. **Conclusión:** Los atletas del taekwondo tienen mejor control postural durante la prueba de equilibrio unipodal que los atletas del handball y del fútbol americano.

Descriptores: postura; deportes; atletas.

INTRODUÇÃO

Durante a prática esportiva, é comum a ocorrência de lesões musculoesqueléticas, principalmente as que afetam os membros inferiores. Estas lesões afetam a performance do atleta, diminuem força, resistência, mobilidade, agilidade e o equilíbrio¹. No que diz respeito ao equilíbrio, os mecanismos de ação são frequentemente dependentes do sistema de controle postural, mecanismos estes que contribuem para a prevenção de lesões e/ou suas recidivas^{2,3}. Um déficit neste sistema pode levar a instabilidade corporal, sobrecarga das estruturas musculoesqueléticas passivas com consequente disfunção e dor, sendo evidenciado em alguns casos quedas⁴. Aproximadamente 3.9% das desordens neuromusculares e ortopédicas podem ser associadas aos déficits de equilíbrio neuromuscular, como já citado nos atletas de Taekwondo⁵.

O controle postural é por muitas vezes quantificado por meio de medidas realizadas na plataforma de força, definidas por parâmetros do centro de pressão (COP), que é definido como o ponto de localização do vetor das forças verticais sobre o solo⁶. As medidas do COP comumente utilizadas nos domínios do tempo e frequência são: a área de deslocamento do COP ou a área da elipse do COP com intervalo de confiança de 95%, a amplitude da raiz quadrada da média, a frequência média ou mediana e velocidade dos deslocamentos no sentido anteroposteriores e mediolateral^{7,8}.

Aparentemente, a confiabilidade e validade (ICC > 0.85 e $r = 0.60$, respectivamente) desses parâmetros são melhores para a área de elipse do COP (com confiança de 95%) e principalmente para a variável de velocidade do deslocamento^{8,9}. Quando comparados aos testes funcionais que usam um único domínio (desempenho de tempo ou distância), esses dois parâmetros podem revelar um déficit relacionado aos mecanismos posturais e ajustes biomecânicos do sistema neuromuscular¹⁰. Na verdade, esses parâmetros são frequentemente usados para identificar déficits de equilíbrio, porque identificam um possível problema no sistema de controle postural em diferentes populações, tais como os que podem ocorrer com os atletas^{2,8,11}.

Estudos anteriores investigaram o controle postural de nadadores, jogadores de basquete e de futebol e compararam os resultados com as respostas de sujeitos não atletas em várias tarefas de equilíbrio utilizando os parâmetros do COP¹². Matsuda et al.¹³ usando os parâmetros do COP, demonstraram que os jogadores de futebol tiveram melhor controle postural durante o apoio unipodal do que os nadadores, jogadores de basquete e adultos sedentários. No entanto, poucos estudos generalizaram esses resultados para esportes como taekwondo, futebol americano e handebol. Rabello et al.¹⁴ reportaram que jovens atletas profissionais de taekwondo (idade média: 24 anos), apresentam melhor controle postural observado pela velocidade do COP durante o apoio unipodal quando comparado à adultos jovens não atletas (idade média: 23 anos). Desta forma, um estudo mais abrangente, incluindo outras modalidades, se faz necessário para uma melhor compreensão das adaptações posturais que podem existir entre diferentes modalidades esportivas.

O objetivo deste estudo foi comparar o controle postural entre os atletas de handebol, futebol americano e o taekwondo durante uma condição de equilíbrio postural, em apoio unipodal. A partir das habilidades e do desempenho técnico relacionado ao controle do tronco, bem como à agilidade dos membros inferiores¹⁴, a hipótese é de que os atletas de taekwondo devem apresentar melhores resultados de controle postural do que os atletas das outras duas modalidades investigadas.

MÉTODOS

A amostra deste estudo foi constituída por 28 indivíduos, saudáveis e emparelhados por sexo. Todos os participantes foram recrutados de forma voluntária e por conveniência. Os critérios de inclusão para todos os

atletas foram: estar em treinamento específico diariamente, participação regular em competições regionais e/ou nacionais e/ou internacionais; homens com idade entre 18 e 35 anos. Para todos os grupos, os critérios gerais de exclusão foram: história de doenças sistêmicas ou doenças que afetam estruturas articulares, especialmente nos membros inferiores; presença de qualquer deficiência (ortopédica ou neurológica); cirurgias realizadas no sistema locomotor ou incapacidade de realizar os testes. Os participantes foram informados sobre o protocolo experimental e forneceram autorização por escrito antes da sua participação. O protocolo e o formulário de consentimento livre esclarecido foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética local (protocolo PP / 0231/10).

A avaliação do controle postural foi realizada sobre uma plataforma de força (BIOMECH 400, systema EMG do Brasil, SP, Ltda). Todos os participantes passaram por familiarização com o equipamento bem como pelo protocolo experimental⁷. O protocolo padronizado foi realizado em apoio unipodal, com os olhos abertos e direcionados para um alvo (uma cruz) fixado em uma parede à frente do indivíduo, a mesma se encontrava ao nível dos seus olhos à uma distância de 2 m, com os pés descalços e os braços colocados em paralelo ao longo do tronco. Foram realizados três coletas de 30 segundos com ambos os membros inferiores (direita e esquerda), com intervalos de repouso de 30 segundos entre cada tarefa^{7,14}. Foi feita uma marca sobre a base de apoio da plataforma de força com o objetivo de padronizar a posição dos pés durante todas as condições de equilíbrio avaliadas.

As amostras dos sinais da plataforma de força foram coletadas à uma frequência de 100 Hz, os sinais passaram por um filtro Butterworth de passa baixa de 35 Hz e foram convertidos em dados do COP utilizando as rotinas do MATLAB (The Mathworks, Natick, MA). A análise estabilográfica dos dados do COP foi utilizada para calcular a área de elipse do COP (com intervalo de confiança 95%), da área do COP (A-COP em cm²) e a velocidade média dos deslocamentos (VEL em cm/s) do COP para anteroposterior (A/P) e mediolateral (M/L)^{7,14}. Essas medidas foram calculadas a partir da média de três coletas consecutivas, realizadas por um tempo total de 30 segundos para cada membro inferior.

Análise estatística

Todas as variáveis apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de *Shapiro-Wilk* e a variância observada foi homogênea de acordo com o teste de Levene. Os resultados descritivos foram demonstrados pela média e desvio padrão. O teste *two way ANOVA* de medidas repetidas foi realizada para determinar as diferenças entre os três grupos (taekwondo, handball e futebol) e os lados direito e esquerdo entre os membros inferiores e os efeitos da interação (Grupos x Lados) nos parâmetros do COP. Quando necessário, o teste *post hoc* de Tukey foi utilizado para identificar as diferenças entre os três grupos. Por fim, o teste de ANCOVA foi realizado para determinar qualquer influência das variáveis antropométricas entre os grupos, se necessário. As análises estatísticas foram realizadas com o *software* estatístico SPSS (versão 20.0 para Windows), onde se adotou um alfa de 0,05.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as características dos participantes. Diferenças significativas entre os grupos foram relatadas para todas as variáveis antropométricas, exceto para a idade ($P > 0,05$). Os atletas de taekwondo eram menores, pesavam menos e apresentavam menor índice de massa corporal do que os grupos das outras duas modalidades ($P < 0,002$).

A Tabela 2 mostra os resultados do controle postural. Diferenças significativas foram encontradas entre os três grupos ($P < 0,04$) para todos os parâmetros do COP. As análises pós-hoc revelaram que o grupo do taekwondo apresentou melhor controle postural para ambos os membros

Tabela 1. Características dos participantes.

	Taekwondo (n=9)	Handebol (n=9)	Futebol Americano (n=10)	IC-95%	P
Idade (anos)	20 ± 2	21 ± 1	22 ± 4	20-23	0,57
Peso (Kg)	63 ± 10	84 ± 12	86 ± 12	72-84	<0,01*
Altura (cm)	1,77 ± 1	1,83 ± 1	1,77 ± 1	1,74-1,81	0,01*
IMC (kg/m ²)	22 ± 2	25 ± 2	27 ± 3	23-26	<0,01*

Nota: valor apresentado em média ± Desvio Padrão; IC: intervalo de confiança; IMC: Índice de Massa Corporal. * Valor de significância (P <0.05)

inferiores (valores baixos do COP) do que o grupo de futebol americano para todos os parâmetros de COP (Tamanho do Efeito: ES = -2,16; P = 0,035). Além disso, foram observadas diferenças significativas entre taekwondo e handebol para a variável área do COP (ES = -2,28; P = 0,001). Uma análise posterior (ANCOVA) foi realizada para verificar o efeito de confusão da variável IMC no grupo taekwondo; assim mesmo, diferenças significativas (P > 0,05) ainda foram observadas entre grupos para todos os parâmetros do COP. Estes achados apontam para um melhor equilíbrio na modalidade do taekwondo quando comparado com as outras duas modalidades. Não foi encontrada nenhuma interação significativa ou diferença entre os lados direito e esquerdo para todas as variáveis analisadas (P > 0,05), também não houve diferença observada entre o handebol e o futebol americano (análise *Post hoc*: P > 0,05).

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que os atletas de taekwondo têm melhor controle postural (menor oscilação) em relação aos atletas de futebol americano e handebol para ambos os membros inferiores (direito e esquerdo). Isso está em concordância com a nossa hipótese aqui levantada, com base nas habilidades e desempenho técnico do controle do tronco, bem como a agilidade dos membros inferiores, assim, o melhor desempenho foi observado na modalidade de taekwondo¹⁴.

Além disso, os resultados do presente estudo estão de acordo com trabalhos anteriores^{9,13}, mesmo que estes apresentavam diferenças metodológicas no protocolo experimental. Leong et al.¹⁵, observaram que a modalidade de taekwondo leva a um melhor controle postural quando comparado aos indivíduos sedentários, o que pode estar relacionado ao fato de que durante a prática do taekwondo, os sujeitos geralmente mantêm uma postura de apoio sobre um membro inferior durante a repetição das técnicas e dos movimentos específicos, desenvolvendo habilidades relacionadas ao equilíbrio¹⁴. Fong e Ng¹⁶ mostraram que entre os adolescentes praticantes de taekwondo, tanto para os novatos como para os mais experientes, considerando o tempo de treinamento, ambos tiveram deslocamentos significativamente mais lento do que

um grupo controle (não praticante de taekwondo) durante o apoio unipodal. Em contraste, durante a prática do futebol americano e do handebol, o controle postural é utilizado em poucos movimentos, como o saltar e jogar a bola no handebol enquanto que no futebol americano o controle motor está mais relacionado aos ajustes do movimento dos membros superiores. De fato, essas diferenças nas características gestuais pertinente à cada esporte ajuda a explicar as diferenças existentes entre os grupos no presente estudo.

A estabilidade postural nos atletas de taekwondo pode ser associada à prática repetitiva de chutes rápidos durante o treinamento, o que exigem maior controle do equilíbrio da postura^{14,17}. Em geral, o treinamento de taekwondo envolve o salto acrobático associado à torção, ao giro e aos chutes, que estimulam os três sistemas de controle postural (visual, vestibular e sensorio motor)¹⁵, em comparação com o handball e o futebol. Fong e Ng¹⁶ mostraram que a formação e / ou o treinamento na modalidade de taekwondo podem acelerar o desenvolvimento do sistema vestibular o que promove o equilíbrio. Além disso, as respostas somatosensoriais também são reforçadas com treinamento e talvez em mais aspectos do que no futebol americano e no handebol¹⁸.

No entanto, reconhecemos que algumas variáveis de confusão podem favorecer os resultados atuais em favor do taekwondo em comparação com outros grupos analisados¹⁹. Porém, não é o caso dos resultados na ANCOVA (onde resultados semelhantes foram relatados ao controlar a variável IMC). Assim, as diferenças no presente estudo foram relacionadas à abordagem de treinamento de controle motor de cada modalidade esportiva. Na verdade, sugere-se que os jogadores de futebol americano não tenham um bom equilíbrio e que devam receber um melhor treinamento (sensorio motor) de equilíbrio postural durante à prática esportiva. Handigran et al.²⁰ deu suporte esta hipótese, mostrando que os jogadores de linha no futebol americano apresentam equilíbrio postural semelhante aos grupos de obesos sedentários e controles instáveis, quando em comparação com os sujeitos controle do seu estudo durante o apoio bipodal. Infelizmente, não houve nenhum estudo comparando o controle postural dos jogadores de handebol com essas modalidades, o que, por sua vez, limita a discussão dos presentes achados.

Para finalizar, cada modalidade esportiva tem suas características específicas de movimento, o que confere ao indivíduo um fator característico determinante do seu controle postural relacionado com o tempo de prática¹⁹. No que diz respeito ao lado, nenhuma diferença foi encontrada nesta comparação de equilíbrio. Os efeitos do lado relacionado ao equilíbrio já foram comparados em trabalhos anteriores em não atletas²¹. Além disso, para os atletas de ginástica, Shigaki et al.²² demonstraram semelhanças entre os lados utilizando os parâmetros do COP. Isso pode sugerir que, ao menos para a posição estática, bem como no equilíbrio unipodal, as assimetrias com base no desempenho

Tabela 2. Média (Desvio Padrão) de valores do equilíbrio em apoio unipodal.

		Taekwondo	Handebol	Futebol Americano	Grupos Valor de P	Tukey (direção)
A-COP (cm ²)	Direito	6±0,8	11±3,6	11±4,7	<0,001*	† <0,002 (Handebol F. Americano > Taekwondo)
	Esquerdo	7±1,5	11±3,4	11±4,8		
VEL A/P (cm/s)	Direito	2,1±0,5	2,9±0,6	3±0,9	0,03 *	† <0,03 (F, Americano > Taekwondo)
	Esquerdo	2,6±0,9	2,9±0,6	3,1±1,1		
VEL M/L (cm/s)	Direito	2,3±0,4§	3,1±0,6	3,3±0,7	0,02 *	† <0,02 (F, Americano > Taekwondo)
	Esquerdo	2,9±0,9	3,1±0,7	3,2±0,8		

Parâmetros de equilíbrio: área da elipse do COP com 95% de confiança (A-COP em cm²); velocidade média (VEL em cm/s) do COP nas direções anteroposterior (A/P) e mediolateral (M/L).

*Diferenças significantes entre os grupos.

† Diferenças significantes entre as modalidades.

em cada da perna não são motivo de preocupação. É possível que os efeitos do lado sejam relevantes para outras posturas relacionadas ao movimento dinâmico.

Há alguns limites deste estudo que devem ser aqui mencionados. Embora a causa-efeito não tenha sido estabelecido, este é o primeiro estudo transversal a comparar essas três modalidades de esportes dentro de um mesmo protocolo biomecânico experimental de controle postural. O tamanho da amostra não foi suficientemente grande para generalizações para todas as comunidades esportivas. Além disso, o uso da eletromiografia poderia ajudar a compreender melhor os resultados e respostas de equilíbrio relacionados à coordenação dos músculos

envolvidos em estratégias de controle postural na prática destas diferentes modalidades esportivas.

CONCLUSÃO

Os atletas de Taekwondo apresentaram melhor controle postural do que os atletas de handebol e futebol americano durante uma tarefa de equilíbrio unipodal. Esses resultados têm implicações diretas para a tomada de decisões clínicas no que diz respeito à avaliação do equilíbrio e ao treinamento do equilíbrio na prática esportiva.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. NAS (0000-0003-4698-9347)* recrutamento e coletas de dados, MRO (0000-0002-8315-5117)*, AHN (0000-0002-0625-4760)* foram os principais contribuintes na redação do manuscrito. AWOG (0000-0001-8686-5272)*, APFC (0000-0002-5960-0188)*, LAS (0000-0001-8244-0728) e RACA (0000-0002-3849-0872)*, revisaram o manuscrito e contribuíram igualmente para o conceito intelectual do estudo. RAS (0000-0001-6879-436X)* orientou a pesquisa e revisou a versão final do manuscrito. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCIAS

1. Arnold BL, De La Motte S, Linens S, Ross SE. Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):1048-62.
2. Huurnink A, Fransz DP, Kingma I, Verhagen EA, van Dieën JH. Postural stability and ankle sprain history in athletes compared to uninjured controls. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2014;29(2):183-8.
3. Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K. Neuromuscular training for rehabilitation of sports injuries: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(10):1831-41.
4. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing.* 2006;35 Suppl 2:i7-ii11.
5. Kazemi M, Chudolinski A, Turgeon M, Simon A, Ho E, Coombe L. Nine year longitudinal retrospective study of Taekwondo injuries. *J Can Chiropr Assoc.* 2009;53(4):272-81.
6. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193-214.
7. da Silva RA, Bilodeau M, Parreira RB, Teixeira DC, Amorim CF. Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(3):634-9.
8. Nardone A, Schieppati M. The role of instrumental assessment of balance in clinical decision making. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46(2):221-37.
9. Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys.* 2009;31(2):276-86.
10. Howe TE, Rochester L, Neil F, Skelton DA, Ballinger C. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(11):CD004963.
11. Asseman FB, Caron O, Crémieux J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait Posture.* 2008;27(1):76-81.
12. Kiers H, van Dieën J, Dekkers H, Wittink H, Vanhees L. A systematic review of the relationship between physical activities in sports or daily life and postural sway in upright stance. *Sports Med.* 2013;43(11):1171-89.
13. Matsuda S, Demura S, Uchiyama M. Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *J Sports Sci.* 2008;26(7):775-9.
14. Rabello LM, Macedo CSG, Gil AW, Oliveira MR, Coelho VA, Silva GB, et al. Comparison of postural balance between professional taekwon do athletes and young adults. *Fisioter Pesq.* 2014;21(2):139-43.
15. Leong HT, Fu SN, Ng GY, Tsang WW. Low-level Taekwondo practitioners have better somatosensory organisation in standing balance than sedentary people. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(8):1787-93.
16. Fong SM, Ng GY. Sensory integration and standing balance in adolescent taekwondo practitioners. *Pediatr Exerc Sci.* 2012;24(1):142-51.
17. Clark NC, Røijezon U, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther.* 2015;20(3):378-87.
18. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med.* 2011;41(3):221-32.
19. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(9-10):666-77.
20. Handrigan GA, Berrigan F, Hue O, Simoneau M, Corbeil P, Tremblay A, et al. The effects of muscle strength on center of pressure-based measures of postural sway in obese and heavy athletic individuals. *Gait Posture.* 2012;35(1):88-91.
21. Alonso AC, Brech GC, Bourquin AM, Greve JM. The influence of lower-limb dominance on postural placement. *Sao Paulo Med J.* 2011;129(6):410-3.
22. Shigaki L, Rabello LM, Camargo MZ, Santos VBC, Gil AWO, Oliveira MR, et al. Comparative analysis of one-foot balance in rhythmic gymnastics athletes. *Rev Bras Med Esporte.* 2013;19(2):104-107.