





AUMENTO DA CONTRAÇÃO ATIVA DO MÚSCULO TRANSVERSO DO ABDOME DURANTE A CAMINHADA

ENHANCED ACTIVE CONTRACTION OF THE TRANSVERSUS ABDOMINIS DURING WALKING

AUMENTO DE LA CONTRACCIÓN ACTIVA DEL MÚSCULO TRANSVERSO DEL ABDOMEN DURANTE LA CAMINATA

Wanchun Wu^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Haiyin Deng^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Minting Zhong^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Zhou Zou^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Ruikang Chen^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Haotong Tang^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Wude Chen^{1,2} 
(Estudante de Educação Física)
Qiang Lin^{2,3} 
(Médico)
Xinger Li^{2,3} 
(Médico)
Qinglu Luo^{2,3,4} 
(Médico)

1. Guangzhou Medical University, Quinta Faculdade Clínica, Província de Guangdong, China.

2. Guangzhou Medical University, Centro de Demonstração de Ensino Experimental para Terapia de Reabilitação, Província de Guangdong, China.

3. Guangzhou Medical University, Quinto Hospital Afiliado, Província de Guangdong, China.

4. Centro de Demonstração de Ensino de Medicina de Reabilitação, Província de Guangdong, China.

Correspondência:

Qinglu Luo
The Fifth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, No.621, GangWan Road, HuangPu District, Guangzhou City, Guangdong Province, China. 510700.
luo_qinglu@126.com* luo_qinglu@126.com

RESUMO

Introdução: Aplicamos a análise tridimensional da marcha para avaliar os efeitos do aumento da contração ativa do músculo transverso do abdome (EACTA) durante a caminhada. Procuramos avaliar o efeito do EACTA durante a caminhada para melhorar sua qualidade. **Métodos:** Trinta estudantes universitários foram recrutados e treinados para realizar o EACTA durante a caminhada. Examinamos os parâmetros da marcha em diferentes condições, incluindo EACTA e ACTA habitual (caminhada natural com leve contração do mecanismo de feedforward do ACTA, HACTA) durante a caminhada usando análise tridimensional da marcha. Comparamos as diferenças nos parâmetros da marcha nas duas condições de caminhada no software estatístico SPSS 16.0. **Resultados:** Os seguintes parâmetros da marcha foram significativamente mais baixos na condição EACTA do que em condições HACTA ($P < 0,05$): fase de apoio $59,151 \pm 1,903\%$ vs. $59,825 \pm 1,495\%$, tempo de passada $1,104 \text{ s} \pm 0,080 \text{ s}$ vs. $1,134 \text{ s} \pm 0,073 \text{ s}$, tempo de apoio $0,656 \text{ s} \pm 0,057 \text{ s}$ vs. $0,678 \text{ s} \pm 0,053 \text{ s}$ e tempo de balanço $0,447 \text{ s} \pm 0,028 \text{ s}$ vs. $0,454 \text{ s} \pm 0,031 \text{ s}$, respectivamente. Os parâmetros da marcha fase de apoio simples e velocidade média foram significativamente maiores no EACTA do que nas condições HACTA (ambos $P < 0,05$). **Conclusões:** No geral, os resultados revelaram que o EACTA durante a caminhada pode melhorar a marcha. Esse método é simples, e o treinamento do EACTA durante a caminhada para melhorar a qualidade da marcha na vida diária pode ser uma base positiva para o fortalecimento do músculo transverso do abdome. **Nível de evidência III; Estudo retrospectivo comparativo.**

Descritores: Caminhada; Músculos abdominais; Contração muscular; Análise da marcha.

ABSTRACT

Introduction: We applied three-dimensional gait analysis to assess the effects of enhanced active contraction of the transversus abdominis (EACTA) during walking. We sought to evaluate the effect of EACTA during walking in order to improve walking quality. **Methods:** Thirty college students were recruited and trained to perform EACTA during walking. We examined gait parameters under different conditions, including EACTA and habitual ACTA (natural walking with mild contraction of the feedforward mechanism of ACTA, HACTA) during walking using three-dimensional gait analysis. We compared differences in gait parameters under the two walking conditions using SPSS 16.0 statistical software. **Results:** The following gait parameters were significantly lower under EACTA conditions than under HACTA conditions ($P < 0.05$): stance phase, $59.151\% \pm 1.903\%$ vs. $59.825\% \pm 1.495\%$; stride time, $1.104 \text{ s} \pm 0.080 \text{ s}$ vs. $1.134 \text{ s} \pm 0.073 \text{ s}$; stance time, $0.656 \text{ s} \pm 0.057 \text{ s}$ vs. $0.678 \text{ s} \pm 0.053 \text{ s}$; and swing time, $0.447 \text{ s} \pm 0.028 \text{ s}$ vs. $0.454 \text{ s} \pm 0.031 \text{ s}$, respectively. Gait parameters single support phase and mean velocity were significantly higher for EACTA than for HACTA conditions (both $P < 0.05$). **Conclusions:** Overall, the results revealed that EACTA during walking can improve gait. This method is simple, and EACTA training during walking to improve gait quality in daily life could provide a positive basis for people to strengthen the transverse abdominal muscle. **Level of evidence III; Retrospective comparative study.**

Keywords: Walking; Transversus abdominis; Muscle contraction; Gait analysis.

RESUMEN

Introducción: Aplicamos el análisis tridimensional de la marcha para evaluar los efectos del aumento de la contracción activa del músculo transverso del abdomen (EACTA) durante la caminata. Buscamos evaluar el efecto del EACTA durante la caminata para mejorar su calidad. **Métodos:** Treinta estudiantes universitarios fueron reclutados y entrenados para realizar el EACTA durante la caminata. Examinamos los parámetros de la marcha en diferentes condiciones, incluyendo EACTA y ACTA habitual (caminata natural con leve contracción del mecanismo de feedforward del ACTA, HACTA) durante la caminata usando análisis tridimensional de la marcha. Comparamos las diferencias en los parámetros de la marcha en las dos condiciones de caminata en el software estadístico SPSS 16.0. **Resultados:** Los siguientes parámetros de marcha fueron significativamente más bajos en la condición EACTA que en condiciones HACTA ($P < 0,05$): fase de apoyo $59,151 \pm 1,903\%$ vs $59,825 \pm 1,495\%$, tiempo de zancada $1,104 \text{ s} \pm 0,080 \text{ s}$ vs $1,134 \text{ s} \pm 0,073 \text{ s}$, tiempo de apoyo $0,656 \text{ s} \pm 0,057 \text{ s}$ vs $0,678 \text{ s} \pm 0,053 \text{ s}$ y tiempo de balance $0,447 \text{ s} \pm 0,028 \text{ s}$ vs $0,454 \text{ s} \pm 0,031 \text{ s}$, respectivamente. Los parámetros de la marcha, fase de apoyo simple y velocidad promedio fueron significativamente mayores en el EACTA que en las condiciones HACTA (ambos $P < 0,05$). **Conclusiones:**



En general, los resultados revelaron que el EACTA durante la caminata puede mejorar la marcha. Este método es simple, y el entrenamiento del EACTA durante la caminata para mejorar la calidad de la marcha en la vida diaria puede ser una base positiva para el fortalecimiento del músculo transverso del abdomen. **Nivel de evidencia III; Estudio retrospectivo comparativo.**

Descritores: Caminata; Músculos abdominales; Contracción muscular; Análisis de la marcha.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127022020_0032

Artigo recebido em 07/04/2020 aprovado em 21/12/2020

INTRODUÇÃO

Caminhar é importante na vida diária do ser humano. Pode afetar muitas funções do corpo humano,^{1,2} e a capacidade de caminhar dos indivíduos relaciona-se diretamente com sua independência. Estudos anteriores relataram que melhorar a marcha é um método importante para melhorar também a qualidade de vida.³⁻⁴ A caminhada envolve o movimento coordenado dos músculos e articulações do pé, tornozelo, joelho, quadril, tronco, ombro e pescoço. Outros estudos relataram que pacientes com doenças degenerativas da coluna vertebral (por exemplo, espondilose cervical, hérnia de disco lombar e dor lombar inespecífica, que resultam em dor nos membros inferiores e parestesia por causa do nervo espinal ou compressão da medula espinal) exibem marcha anormal, que pode melhorar depois do tratamento.⁵ Esses achados indicam que a estabilidade da coluna vertebral desempenha um papel importante na marcha.

O transverso do abdome (TA) está localizado profundamente abaixo do músculo oblíquo interno do abdome, tem origem na crista ilíaca, na fáscia toracolombar, nas costelas 6 a 12 e no ligamento inguinal e se insere na linha alba e na bainha do reto abdominal contralateral.⁶⁻⁷ Assim, o TA é o músculo mais importante para a manter a estabilidade da coluna⁸⁻⁹ e é um importante componente do grupo muscular central. O TA desempenha um papel importante na manutenção da estabilidade da coluna durante atividades dinâmicas e estáticas,¹⁰⁻¹⁴ e pode contribuir para a melhora da marcha.¹⁵ Portanto, o fortalecimento da contração ativa do TA durante a caminhada pode melhorar a qualidade da marcha, com possíveis efeitos positivos na prevenção e tratamento de problemas da marcha, dores nas articulações e na coluna.

Estudos clínicos relataram que a velocidade da caminhada, o ciclo, a fase de apoio e o comprimento do passo melhoram após o treinamento do músculo TA em pacientes com AVC e paralisia cerebral.^{16,17} Além disso, relatou-se que alguns parâmetros da marcha melhoram depois de movimentos do tronco na água (inclusive treinamento de grupos musculares centrais) em pacientes hemiplégicos com AVC.¹⁸ No momento, embora uma série de estudos tenha relatado os efeitos do treinamento do músculo transverso do abdome (TMTA) nas alterações da marcha, os experimentos foram divididos em duas etapas: os pacientes primeiro são submetidos ao TMTA guiados por pesquisadores, e depois são examinadas as alterações dos parâmetros de marcha. Contudo, nenhum estudo examinou os efeitos do aumento da contração ativa do transverso do abdome (EACTA) sobre o estado da marcha durante a caminhada.

Na caminhada, a contração ativa do TA (ACTA) dos indivíduos é leve na maioria das vezes, por meio de um mecanismo de *feedforward* na marcha diária habitual ou "normal". Assim, os indivíduos normalmente não se concentram na importância de fortalecer a contração do TA durante a caminhada, o que pode resultar em marcha anormal que o indivíduo pode considerar normal. No entanto, essa marcha "normal" pode levar a alterações biomecânicas a longo prazo, resultando em dores nas articulações dos membros inferiores e na coluna vertebral. Portanto, o fortalecimento da contração ativa do TA durante a caminhada pode melhorar a qualidade da marcha e ter efeitos positivos na prevenção e tratamento da marcha anormal, na dor articular e dores na coluna.

De acordo com a anatomia funcional do TA e as evidências atuais, descobrimos que diferentes graus de ACTA podem afetar a marcha humana. Assim, aplicamos a análise tridimensional da marcha para comparar a diferença de seus parâmetros entre o ACTA intensificado (EACTA) e o ACTA habitual (HACTA) durante a caminhada e comparamos as diferenças dos parâmetros da marcha nas duas condições de caminhada em estudantes universitários. Em seguida, analisamos os defeitos na caminhada "normal" e examinamos os efeitos do EACTA sobre qualidade da marcha. Os resultados apoiam a aplicação do treinamento isotônico do músculo transverso do abdome para melhorar a caminhada na vida diária em indivíduos saudáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Recrutamos 30 participantes. Os critérios de inclusão foram os seguintes: universitários com rotinas normais de exercícios; capacidade de concluir todos os procedimentos de teste de acordo com as instruções. Os critérios de exclusão foram os seguintes: presença de outras doenças graves do sistema ou de órgãos; incapacidade de concluir o teste. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Quinto Hospital Afiliado da Universidade de Medicina de Guangzhou (KY01-2019-04-04). Todos os pacientes forneceram o termo de consentimento livre e esclarecido por escrito.

Coleta de informações básicas dos participantes e medida de dados de pré-teste de marcha

Coletamos informações pessoais básicas dos participantes, conforme exigido pelo sistema de análise de dados de marcha, incluindo: idade, sexo, estatura, peso, largura do maléolo esquerdo e direito, diâmetro do joelho esquerdo e do joelho direito, comprimento da perna esquerda e da perna direita, profundidade da pelve esquerda e da pelve direita e largura da espinha ilíaca anterossuperior (Figura 1).

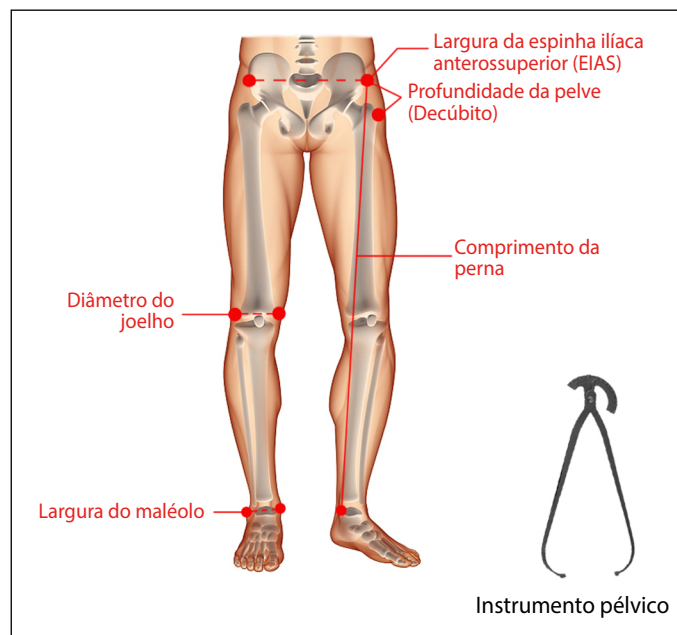


Figura 1. Mensuração básica da análise da marcha.

Determinação dos parâmetros da marcha dos participantes no estado de caminhada HACTA

Os participantes estavam familiarizados com o fluxo do teste de análise de marcha e a operação do equipamento. Uma bola fluorescente foi fixada na superfície corporal (Figura 2) e o pesquisador evitou as interferências psicológicas subjetivas nos participantes. Para manter o movimento natural da marcha, os participantes foram instruídos a evitar o acompanhamento excessivo ou ajustar deliberadamente a marcha.

Os participantes permaneceram no centro da mesa de força por pelo menos 5 segundos e os valores de cada parâmetro foram medidos enquanto o participante permaneceu imóvel. Os participantes caminharam para frente e para trás seis vezes em uma plataforma de monitoramento de 8 m de comprimento, de acordo com seu estilo natural de caminhada na vida diária, enquanto o sistema de computador realizava imagens 3D. Os parâmetros de marcha incluíram: comprimento da passada (m), comprimento do passo (m), velocidade da passada (m/s), cadência (min.), largura do passo (m), fase de apoio (%), fase de balanço (%), fase de duplo apoio (%), fase de apoio simples (%), rotação do quadril (grau), abdução-adução do quadril (grau), flexão-extensão do quadril (grau), rotação pélvica (grau), abdução-adução pélvica (grau), flexão-extensão pélvica (grau), rotação do joelho (grau), flexão dorsoplantar do tornozelo (grau), velocidade média (m/s), velocidade média (% estatura/s), comprimento da passada (% estatura), progressão do pé (grau), tempos de passada, tempos de apoio, tempos de balanço, escore do perfil da marcha (grau) e índice de desvio da marcha. Para evitar interferência com a marcha normal dos participantes, os pesquisadores não deram outras instruções ou avisos durante o progresso da tomada de imagens.

Orientação dos participantes para caminhar em EACTA

O ensino e a orientação do EACTA foram administrados durante a caminhada nessa condição. Os participantes foram instruídos em EACTA, mantendo a respiração natural. Os participantes foram instruídos a tocar o abdome com as mãos ao caminhar nessa condição, até que tivessem uma sensação mais forte de atividade muscular profunda do que durante a caminhada natural (Figura 3). Quando os participantes tinham habilidade para andar nessa condição, foram solicitados a andar naturalmente, mas com a inclusão do EACTA, e os parâmetros de marcha foram medidos (Figura 4). O método de mensuração dos parâmetros da



Figura 2. Posição da esfera de fluorescência.

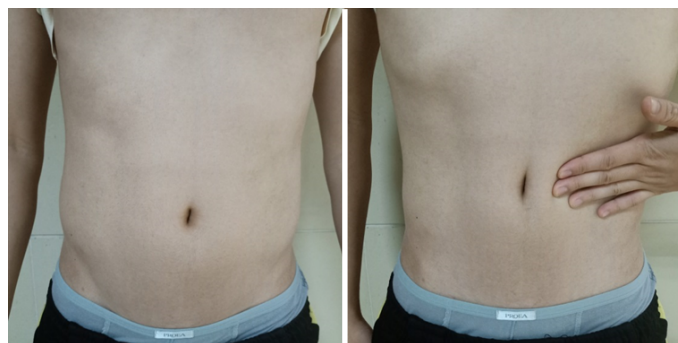


Figura 3. O participante tocou sua região abdominal para sentir a contração muscular nas condições HACTA e EACTA antes da análise dos parâmetros da marcha (A: HACTA, B: EACTA).

marcha foi o mesmo da caminhada natural. Para evitar erros de dados, os participantes foram questionados se respiravam normalmente e mantinham a contração abdominal durante todo o curso, depois de cada ciclo da marcha.

Análise estatística

Foram realizados testes t pareados nas duas condições de cada observação. A análise foi realizada com o software SPSS 17.0 (Chicago, EUA), com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Características dos participantes

De acordo com os critérios de inclusão e exclusão, participaram do estudo 30 universitários elegíveis, sendo 15 homens e 15 mulheres. Idade dos participantes, estatura, peso, largura do tornozelo esquerdo e tornozelo direito, diâmetro do joelho esquerdo e direito, comprimento da perna esquerda e direita, largura da pelve esquerda e direita, comprimento de dois ilíacos anterossuperiores coluna vertebral e parâmetros de medição de caminhada são mostrados na Tabela 1.

Comparação dos parâmetros de marcha em diferentes condições de contração do músculo transverso do abdome

A fase de apoio, fase de duplo apoio, tempo de passada, tempo de apoio e tempo de balanço foram significativamente menores na condição EACTA do que na condição HACTA, e a fase de apoio único, velocidade média y (m/s) e velocidade média (% estatura/s) foram significativamente maiores na condição EACTA do que na condição HACTA. Todos os parâmetros acima exibiram diferenças significativas ($P < 0,05$). No entanto, alguns parâmetros, incluindo comprimento da passada, comprimento do passo, cadência (passos/min.), largura do passo (m) na condição EACTA aumentaram em comparação com a condição HACTA e os valores de P para comprimento do passo e cadência quase atingiu 0,05, indicando possíveis diferenças (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Andar é uma função motora básica do corpo humano na vida diária,¹⁹ e a função da marcha de alta qualidade envolve um alto nível de coordenação de várias partes do corpo. Particularmente nos idosos, melhorar a qualidade da marcha pode economizar energia,²⁰⁻²² reduzir a carga articular e prevenir risco de queda durante a caminhada.

Estudos anteriores relataram que a qualidade da marcha está intimamente relacionada à estabilidade da coluna,²³ e o TA é importante para a estabilização da coluna.¹⁰⁻¹⁴ Além disso, durante o movimento, o TA é ativado por um mecanismo *feedforward* para estabilizar a coluna lombar e a pelve.¹¹ Na prática clínica, alguns estudos anteriores relataram que o TA é vital para a estabilidade central durante os exercícios que

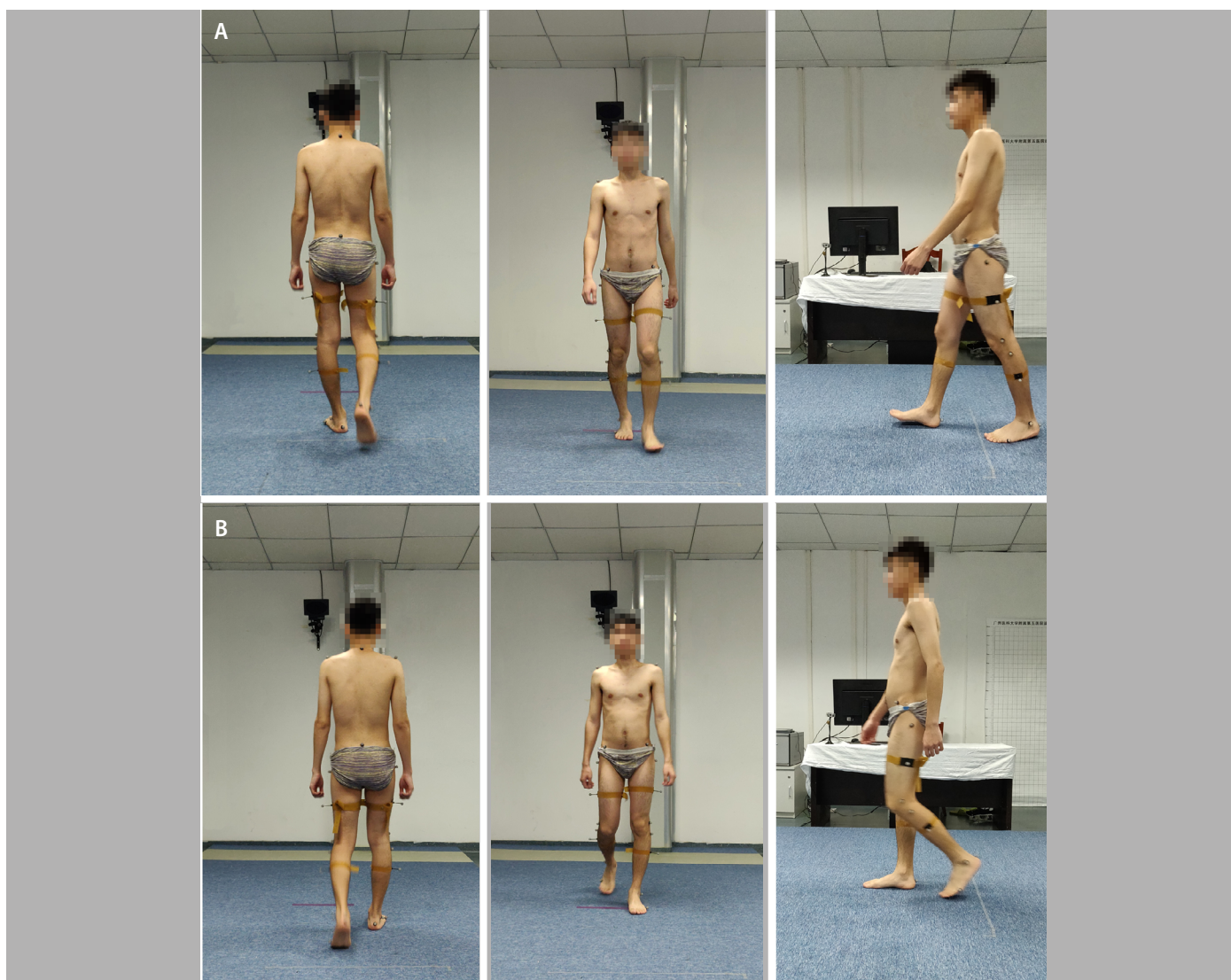


Figura 4. Três vistas nas condições EACTA (A) e HACTA (B).

Tabela 1. Informações básicas dos participantes.

Nome da condição basal	(Média ± DP)
Homens (15) idade (a)	20,87±0,88
Mulheres idade (a)	20,87±2,00
Estatura (m)	165,28±8,78
Peso (kg)	54,77±9,69
Largura do tornozelo esquerdo (cm)	7,96±1,13
Largura do tornozelo direito (cm)	7,93±1,15
Diâmetro do joelho esquerdo (cm)	10,90±1,04
Diâmetro do joelho direito (cm)	10,92±1,06
Comprimento da perna esquerda (cm)	82,35±4,97
Comprimento da perna direita (cm)	8,22±4,80
Largura da pelve esquerda (cm)	10,34±1,30
Largura da pelve direita (cm)	11,15±2,48
Distância das duas espinhas íliacas anterossuperiores (cm)	24,83±1,68

envolvem a contração dos músculos centrais.²⁴⁻²⁶ Embora o estudo atual separe o treinamento entre caminhada e contração do TA, planejamos investigar o efeito da contração ativa do TA ao caminhar em estudos futuros, associando as duas condições (caminhada e EACTA).

Clinicamente, a análise tridimensional da marcha é considerada padrão de referência para quantificar os movimentos dos membros inferiores e sua confiabilidade foi excelente.²⁷ Ao capturar dados de movimento para cada articulação durante a caminhada e calcular

parâmetros como ciclo de marcha, velocidade, comprimento da passada, comprimento do passo e ângulo de desvio do pé, é possível examinar os músculos, a função articular e a coordenação relacionada com a caminhada.²⁸ O ciclo de marcha consiste em duas partes: a fase de apoio e a fase de balanço, no qual a fase de apoio é responsável por aproximadamente 60% do ciclo, e a fase de balanço responde por aproximadamente 40%. A fase de apoio simples constitui grande proporção do ciclo da marcha, enquanto o restante é dedicado à fase de duplo apoio, que é inversamente proporcional à velocidade de marcha.²⁹ Deve-se observar que quando são encontrados obstáculos, a duração da fase de duplo apoio é maior para melhorar a estabilidade ao caminhar. Além disso, a fase de apoio está relacionada com a estabilidade da marcha.³⁰⁻³¹ No presente estudo, observamos mudanças nos parâmetros da marcha de indivíduos "saudáveis" em condições de EACTA durante a caminhada. Os resultados revelaram que, no ciclo da marcha, o percentual da fase de apoio na condição EACTA ($59,151 \pm 1,903\%$) foi significativamente menor do que na condição HACTA ($59,825 \pm 1,495\%$) ($P < 0,05$), enquanto o percentual da fase de apoio simples na condição EACTA ($40,726 \pm 1,808\%$) foi significativamente maior do que na condição HACTA ($39,986 \pm 1,250\%$) ($P < 0,05$). Verificamos que o tempo de fase de duplo apoio também foi menor na condição EACTA do que na condição HACTA ($39,986 \pm 1,250\%$) ($P < 0,05$). Embora a diferença neste parâmetro não tenha alcançado significância em nenhuma das condições, os valores P

Tabela 2. Comparação de parâmetros de marcha em condições EACTA e HACTA durante a caminhada.

Parâmetros da marcha	HACTA	EACTA	Valor de T	Valor de p
Comprimento da passada (m)	1,187±0,091	1,195±0,098	-0,707	0,485
Comprimento do passo (m)	0,581±0,086	0,597±0,063	-1,799	0,082
Cadência (passos/min.)	105,32±11,181	109,08±18,794	-1,797	0,083
Largura do passo (m)	0,087±0,028	0,090±0,039	-0,422	0,676
Fase de apoio (%)	59,825±1,495	59,151±1,903	2,077	0,047
Fase de apoio simples (%)	39,986±1,250	40,726±1,808	-2,750	0,010
Fase de duplo apoio (%)	9,987±1,413	9,483±1,501	1,765	0,088
Obliquidade pélvica (grau)	2,377±0,994	2,297±0,959	0,851	0,402
Inclinação pélvica (grau)	4,567±4,255	4,760±4,437	-0,809	0,425
Rotação pélvica (grau)	3,600±1,460	3,810±1,428	-1,372	0,181
Abdução-adução do quadril (grau)	3,193±1,669	3,550±1,923	-1,380	0,178
Flexão-extensão do quadril (grau)	7,773±5,319	7,930±5,563	-0,654	0,518
Rotação do quadril (grau)	14,817±11,599	13,543±8,414	1,068	0,294
Flexão-extensão do joelho (grau)	10,027±3,028	9,943±3,222	0,311	0,758
Flexão dorso plantar do tornozelo (grau)	7,243±2,440	7,380±2,564	-0,530	0,600
Velocidade média (m/s)	1,050±0,107	1,104±0,143	-2,732	0,011
Velocidade média (% estatura/s)	68,269±23,234	71,056±26,158	-2,344	0,026
Comprimento da passada (% peso)	77,155±29,053	78,030±29,663	-1,309	0,201
Progressão do pé (grau)	5,153±3,166	5,667±4,746	-0,973	0,339
Tempo de passada (s)	1,134±0,073	1,104±0,080	3,075	0,005
Tempo de apoio (s)	0,678±0,053	0,656±0,057	2,881	0,007
Tempo de balanço (s)	0,454±0,031	0,447±0,028	2,124	0,042
Escore do perfil da marcha (grau)	7,948±2,430	7,997±2,480	-0,603	0,551
Índice de desvio da marcha	92,221±8,608	92,174±8,685	0,140	0,889

EACTA: aumento da contração ativa do transverso do abdome; HACTA: contração ativa do transverso do abdome habitual (contração leve do mecanismo de feedforward de EACTA).

foram próximos a 0,05 (Tabela 2). Esse resultado sugere que caminhar na condição EACTA aumentou sua velocidade. Os estudos anteriores relatam que a alta velocidade de caminhada é importante para a vida diária e capacidade de participação social,³² e que a qualidade da caminhada inclui a capacidade de caminhar com rapidez.³³ Alguns métodos de treinamento de caminhada visam melhorar sua velocidade.³⁴ Tomados em conjunto, esses achados sugerem que caminhar nas condições EACTA pode melhorar a qualidade da marcha e facilitar a caminhada na vida diária.

Neste estudo, os participantes foram solicitados a fortalecer e contrair o TA durante a caminhada. A maioria dos indivíduos acostumados a andar em condição natural fica sem fôlego ao contrair o TA pela primeira vez enquanto caminha. Portanto, é importante realizar um treinamento estático de contração da parte inferior do TA. Atualmente, o exercício de esvaziamento abdominal (EEA) é comum para exercitar o TA. Neste exercício, os pacientes deitam-se em decúbito dorsal, dobram os quadris e os joelhos, pisam na cama com os dois pés apoiados e, em seguida, realizam a contração abdominal. O umbigo é retesado na direção da costa e próximo da coluna. O sucesso é indicado pela capacidade de ativar seletivamente o TA em vez dos músculos superficiais, incluindo os músculos oblíquo interno, oblíquo externo ou reto do abdome. Alguns pesquisadores têm usado técnicas de *biofeedback* para auxiliar a ativação do TA,³⁵⁻³⁶ incluindo o uso de ultrassom em tempo real para fornecer *feedback* da contração do TA. Alguns tentaram usar a eletromiografia para distinguir as contrações musculares isoladas medindo os sinais de diferentes músculos. Todavia, nenhuma dessas técnicas é capaz de determinar se o TA é contraído corretamente durante o treinamento funcional específico.³⁷ E os resultados da eletromiografia podem não ser precisos porque o TA está localizado nas camadas musculares profundas e está sujeito a interferência dos sinais

das contrações dos músculos adjacentes. Além disso, como o objetivo do presente estudo foi explorar os efeitos da contração ativa do TA na caminhada na vida diária, foi mais fácil usar uma demonstração visual precisa e instruções nesse cenário. Portanto, usamos uma demonstração visual e instruções para estimular os participantes a realizar o exercício corretamente. Ademais, instruímos os participantes a palparem seus músculos em contração com os dedos para que pudessem sentir as informações sensoriais associadas à contração muscular e julgar com precisão se seus músculos estavam se contraindo (Figura 2). Constatamos que a contração ativa do TA mudou a marcha dos participantes, desempenhando um papel importante na melhora de sua qualidade. Os resultados sugeriram que esse modo de caminhar é mais propício à estabilidade do tronco. Assim, o presente estudo esclareceu ainda mais os efeitos positivos do fortalecimento da contração ativa do TA na caminhada diária.

Como a caminhada natural envolve o HACTA por meio de um mecanismo de *feedforward* na maioria das vezes, as pessoas normalmente não prestam atenção à importância do EACTA durante a caminhada. Isso pode levar os indivíduos a andar em condição não sincronizada por um longo período. Essa situação pode causar alterações biomecânicas, que podem levar a dores articulares nos membros inferiores, aumentando o risco de quedas.³⁸ A normalização do EACTA pode constituir uma técnica prática para prevenção ativa e reabilitação de anormalidades desconfortáveis da caminhada e pacientes com anormalidades da marcha devido a doenças. Por meio do treinamento, a estabilidade da coluna pode ser melhorada ainda mais, a dor lombossacral causada pelo envelhecimento pode ser evitada e o risco de queda causado pela diminuição da capacidade de coordenação do equilíbrio durante a caminhada pode ser reduzido. Em última análise, isso poderia reduzir a incidência de dor lombossacral e as quedas, e poderia reduzir o uso associado de recursos médicos, com benefícios econômicos e sociais substanciais.

No entanto, este estudo foi realizado apenas em estudantes universitários saudáveis, e o tamanho da amostra do estudo foi relativamente pequeno. Portanto, os efeitos da caminhada combinados com o aumento ativo da contração do TA na função da marcha e o impacto de diferentes populações requerem mais estudos. No futuro, esperamos que programas de exercícios sejam desenvolvidos para indivíduos saudáveis para estimular a contração contínua ou regular do TA, para melhorar a qualidade da marcha.

CONCLUSÕES

Em conjunto, nossos resultados sugeriram que EACTA durante a caminhada pode melhorar a marcha. Este método é simples, e o treinamento com EACTA durante a caminhada para melhorar a qualidade da marcha pode fornecer uma base positiva para as pessoas fortalecerem o treinamento dos músculos transversos do abdome na vida diária. Porém, no futuro precisamos investigar mais a fundo a postura ao andar em diferentes pessoas.

FINANCIAMENTO

Este trabalho foi apoiado pela Fundação Nacional de Ciências Naturais da China (82072544). O financiador não teve nenhum papel no desenho e condução do estudo, na coleta, análise e interpretação dos dados e na preparação, revisão ou aprovação do artigo.

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

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. WW: redação, análise de dados, revisão dos dados e elaboração do estudo; HD, MZ, ZZ, RC e HT: análise de dados, revisão e análise estatística, WC, QL e XL: análise de dados, revisão e conceito intelectual; QL: análise de dados, revisão, conceito intelectual e preparação de todo o projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Hamid A, Sahar J, Nurviyandari D. Walking and talking activities as nursing therapy for improving quality of life among older adults. *Enferm Clin*. 2018;28(Suppl 1):61-5.
2. Murtagh EM, Nichols L, Mohammed MA, Holder R, Nevill AM, Murphy MH. The effect of walking on risk factors for cardiovascular disease: an updated systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Prev Med*. 2015;72:34-43.
3. Polese JC, Teixeira-Salmela LF, Nascimento LR, Faria CDM, Kirkwood RN, Laurentino GC, et al. The effects of walking sticks on gait kinematics and kinetics with chronic stroke survivors. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012;27(2):131-7.
4. Cruz-Jimenez M. Normal Changes in Gait and Mobility Problems in the Elderly. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2017;28(4):713-25.
5. Simon AL, Lugade V, Bernhardt K, Larson NA, Kaufman K. Assessment of stability during gait in patients with spinal deformity-A preliminary analysis using the dynamic stability margin. *Gait Posture*. 2017;55:37-42.
6. O'Sullivan P, Twomey L, Allison G, Sinclair J, Miller K. Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain. *Aust J Physiother*. 1997;43(2):91-8.
7. O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(24):2959-67.
8. Baek SO, Ahn SH, Jones R, Cho HK, Jung GS, Cho YW, et al. Activations of Deep Lumbar Stabilizing Muscles by Transcutaneous Neuromuscular Electrical Stimulation of Lumbar Paraspinous Regions. *Ann Rehabil Med*. 2014;38(4):506-13.
9. MacKenzie JF, Grimshaw PN, Jones CDS, Thoires K, Petkov J. Muscle activity during lifting: examining the effect of core conditioning of multifidus and transversus abdominis. *Work*. 2014;47(4):453-62.
10. Crommert ME, Ekblom MM, Thorstenson A. Activation of transversus abdominis varies with postural demand in standing. *Gait Posture*. 2011;33(3):473-7.
11. Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord*. 1998;11(1):46-56.
12. Tsang SMH, Lam AHM, Ng MHL, Ng KWK, Tsui COH, You B. Abdominal muscle recruitment and its effect on the activity level of the hip and posterior thigh muscles during therapeutic exercises of the hip joint. *J Electromyogr Kinesiol*. 2018;42:10-9.
13. Ehsani F, Arab AM, Jaberzadeh S, Salavati M. Ultrasound measurement of deep and superficial abdominal muscles thickness during standing postural tasks in participants with and without chronic low back pain. *Man Ther*. 2016;23:98-105.
14. Chon SC, Chang KY, You JS. Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: a preliminary, randomised, controlled study. *Physiotherapy*. 2010;96(2):130-6.
15. Gnat R, Spoor K, Pool-Goudzwaard A. The influence of simulated transversus abdominis muscle force on sacroiliac joint flexibility during asymmetric moment application to the pelvis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2015;30(8):827-31.
16. Sharma Vishal, Kaur Jaskirat. Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke. 2017;13(2):200-5.
17. Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of Core Stability Training on Trunk Function, Standing Balance, and Mobility in Stroke Patients. *Neurorehabil Neural Repair*. 2017;31(3):240-9.
18. Park BS, Noh JW, Kim MY, Lee LK, Yang SM, Lee WD, et al. The effects of aquatic trunk exercise on gait and muscle activity in stroke patients: a randomized controlled pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(11):3549-53.
19. Kim GY, Han MR, Lee HG. Effect of Dual-task Rehabilitative Training on Cognitive and Motor Function of Stroke Patients. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(1):1-6.
20. VanSwearingen JM, Perera S, Brach JS, Cham R, Rosano C, Studenski AS. A randomized trial of two forms of therapeutic activity to improve walking: effect on the energy cost of walking. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009;64(11):1190-8.
21. Silva RB, Esllick GD, Duque G. Exercise for falls and fracture prevention in long term care facilities: A systematic review and meta-analysis. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(9):685-89.
22. Brach JS, Van Swearingen JM, Perera S, Wert DM, Studenski S. Motor learning versus standard walking exercise in older adults with subclinical gait dysfunction: a randomized clinical trial. *J Am Geriatr Soc*. 2013;61(11):1879-86.
23. Ghamkhar L, Kahlaee AH. Trunk Muscles Activation Pattern During Walking in Subjects With and Without Chronic Low Back Pain: A Systematic Review. 2015;7(5):519-26.
24. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res*. 1997;114(2):362-70.
25. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132-42.
26. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(22):2640-50.
27. Pantzar-Castilla E, Cereatti A, Figari G, Valeri N, Paolini G, Croce UD, et al. Knee joint sagittal plane movement in cerebral palsy: a comparative study of 2-dimensional markerless video and 3-dimensional gait analysis. 2018;89(6):656-61.
28. Kim CR, Yoo JY, Lee SH, Lee DH, Rhim SC. Gait analysis for evaluating the relationship between increased signal intensity on t2-weighted magnetic resonance imaging and gait function in cervical spondylotic myelopathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(10):1587-92.
29. Rabin E, Shi P, Werner W. Gait parameter control timing with dynamic manual contact or visual cues. *J Neurophysiol*. 2016;115(6):2880-92.
30. Orcioli-Silva D, Barbieri FA, Simieli L, Vitorio R, Santos PCR, Beretta VS, et al. Walking behavior over multiple obstacles in people with Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2017;58:510-5.
31. Orcioli-Silva D, Vitorio R, Lirani-Silva E, Santos PCR, Beretta VS, Gobbi LTB, et al. Objective measures of unobstructed walking and obstacle avoidance in Parkinson's disease subtypes. *Gait Posture*. 2018;62:405-8.
32. Pramodhyakul N, Amatachaya P, Sooknuan T, Arayawichanon P, Amatachaya S. Effects of a visuotemporal cue on walking ability of independent ambulatory subjects with spinal cord injury as compared with healthy subjects. *Spinal Cord*. 2014;52(3):220-4.
33. Aguirre-Güemez AV, Pérez-Sanpablo AI, Quinzanos-Fresnedo J, Pérez-Zavala R, Barrera-Ortiz A. Walking speed is not the best outcome to evaluate the effect of robotic assisted gait training in people with motor incomplete Spinal Cord Injury: A Systematic Review with meta-analysis. *J Spinal Cord Med*. 2019;42(2):142-54.
34. Rodrigues-Baroni JM, Nascimento LR, Ada L, Teixeira-Salmela LF. Walking training associated with virtual reality-based training increases walking speed of individuals with chronic stroke: systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther*. 2014;18(6):502-12.
35. Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM, Del Toro YM, Pulliam JN, Childs JD, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(6):346-55.
36. Hodges P, Richardson C, Jull G. Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiother Res Int*. 1996;1(1):30-40.
37. Henry SM, Westervelt KC. The use of real-time ultrasound feedback in teaching abdominal hollowing exercises to healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(6):338-45.
38. Khan SJ, Khan SS, Usman J. The effects of toe-out and toe-in postures on static & dynamic balance, risk of fall and TUG score in healthy adults. *Foot (Edinb)*. 2019;39:122-8.