

EFEITOS DO TREINAMENTO EM DIFERENTES SUPERFÍCIES DE APOIO SOBRE O EQUILÍBRIO E O DESEMPENHO DA MARCHA EM HEMIPLEGIA POR ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

THE EFFECTS OF TRAINING ON DIFFERENT SURFACES, ON BALANCE AND GAIT PERFORMANCE IN STROKE HEMIPLEGIA

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO SOBRE EL EQUILIBRIO Y EL DESEMPEÑO DE LA MARCHA EN DIFERENTES SUPERFÍCIES DE APOYO EN LA HEMIPLEJIA INDUCIDA POR ACCIDENTE CEREBROVASCULAR

Hyun-Seung Rhyu¹ 
(Profissional de Educação Física)
Soung-Yob Rhi² 
(Profissional de Educação Física)

1. Jungwon University,
Departamento de Educação
Esportiva, Goesan, Coreia.
2. Catholic Kwandong University,
Departamento de Esportes e
Gestão de Saúde, Gangneung-si,
Coreia.

Correspondência

Soung-Yob Rhi
Catholic Kwandong University,
Departamento de Esportes e
Gestão de Saúde, Gangneung-si,
Republic of Korea. ZIP Code: 25601
ftmdduq@cku.ac.kr

RESUMO

Embora muitos estudos tenham se concentrado em exercícios de equilíbrio para idosos e/ou pacientes com acidente vascular cerebral, nenhum estudo abrangente investigou o uso do treinamento em diferentes superfícies de apoio (TDS) para analisar o desempenho da marcha em pacientes idosos do sexo masculino com AVC. As propriedades ativas do equilíbrio e o relato subjetivo da capacidade funcional da marcha foram usados para identificar os efeitos do TDS. O equilíbrio estático (SB), o equilíbrio dinâmico (DB) e a análise da marcha foram medidos em 30 pacientes idosos com AVC. Os pacientes foram divididos em grupo TDS (GTDS, n = 15) e grupo controle (GC, n = 15). Quinze pacientes idosos com AVC foram submetidos a TDS cinco vezes por semana durante 12 semanas. Os dados foram analisados por meio de análise de variância de medidas repetidas. Foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos (GTDS e controle): SB ($p < 0,0001$), DB (OSI: $p < 0,0001$, APSI: $p < 0,001$, MLSI: $p < 0,004$) e análise da marcha (direita: tempo do passo: $p < 0,0001$, tempo da passada (ciclo): $p < 0,001$, tempo de duplo apoio: $p < 0,0001$; esquerda: tempo do passo: $p < 0,0001$, tempo da passada (ciclo): $p < 0,0001$, tempo de duplo apoio: $p < 0,0001$). O TDS em pacientes idosos do sexo masculino com AVC sugere que as características de desempenho da marcha podem ser melhoradas com o aumento do equilíbrio estático, equilíbrio dinâmico e da velocidade da marcha. Espera-se que os resultados deste estudo forneçam novas informações sobre os efeitos do TDS na estabilidade do equilíbrio e na habilidade de marcha em pacientes com AVC, por meio de mudanças na estabilidade dos membros inferiores. **Nível de evidência III, Estudo de caso controle.**

Descritores: Análise da marcha; Acidente vascular cerebral; Hemiplegia.

ABSTRACT

Although many studies have focused on balance exercises for elderly or stroke patients, no comprehensive studies have investigated the use of training on different surfaces (TDS) with analysis of gait performance in elderly male stroke patients. The active properties of balance and subjective reporting of functional gait ability were used to identify the effects of TDS. Static balance (SB), dynamic balance (DB) and gait analysis was measured in 30 elderly stroke patients. The patients were divided into the TDS group (n=15) and a control group (CG, n=15). Fifteen elderly stroke patients underwent TDS five times a week for 12 weeks. The data was analyzed using repeated measures analysis of variance. Significant differences were observed between the two groups (TDS and Control): SB ($p < 0.0001$), DB (OSI: $p < 0.0001$, APSI: $p < 0.001$, MLSI: $p < 0.004$) and gait analysis (right: temporal step time: $p < 0.0001$, temporal cycle time: $p < 0.001$, temporal double support time: $p < 0.0001$; left: temporal step time: $p < 0.0001$, temporal cycle time: $p < 0.0001$, temporal double support time: $p < 0.0001$). TDS in elderly male stroke patients suggests that the characteristics of gait performance in these patients may be improved by increasing static balance, dynamic balance and gait velocity. It is hoped that the results of this trial will provide new information on the effects of TDS on balance stability and gait ability in stroke patients, through changes in stability of the lower extremities. **Level III, Case-control Study.**

Keywords: Static Balance; Dynamic Balance; Gait analysis; Stroke; Hemiplegia.

RESUMEN

Aunque muchos estudios se han centrado en los ejercicios de equilibrio para pacientes de edad avanzada y/o con accidentes cerebrovasculares, ningún estudio exhaustivo ha investigado el uso del entrenamiento en diferentes superficies de apoyo (TDS) para analizar el desempeño de la marcha en pacientes masculinos de edad avanzada con accidentes cerebrovasculares. Se utilizaron las propiedades activas del equilibrio y el informe subjetivo de la capacidad funcional de la marcha para identificar los efectos del TDS. Se midieron el equilibrio estático (SB), el equilibrio



dinâmico (DB) y el análisis de la marcha en 30 pacientes ancianos con ACV. Los pacientes fueron divididos en grupo TDS (GTDS, n = 15) y grupo de control (CG, n = 15). Quince pacientes de edad avanzada con ACV fueron sometidos a TDS cinco veces por semana durante 12 semanas. Los datos se analizaron mediante un análisis de desviación de medidas repetidas. Se observaron diferencias significativas entre los dos grupos (TDS y Control): SB (p <0,0001), DB (OSI: p <0,0001, APSI: p <0,001, MLSI: p <0,004) y análisis de la marcha (derecha: tiempo de paso temporal: p <0,0001, tiempo de ciclo temporal: p <0,001, tiempo de doble apoyo temporal: p <0,0001; izquierda: tiempo de paso temporal: p <0,0001, tiempo de ciclo temporal: p <0,0001, tiempo de doble apoyo temporal: p <0,0001). El TDS en pacientes masculinos de edad avanzada con ACV sugiere que las características de desempeño de la marcha pueden mejorar con el aumento del equilibrio estático, el equilibrio dinámico y la velocidad de la marcha. Se espera que los resultados de este estudio proporcionen nueva información sobre los efectos del TDS en la estabilidad del equilibrio y en la capacidad de andar en pacientes con ACV a través de cambios en la estabilidad de las extremidades inferiores. Nivel de evidencia III, Estudio de caso-control.

Descritores: Análisis de la marcha; Accidente cerebrovascular; Hemiplejía.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127062020_0089

Artigo recebido em 19/10/2020 aprovado em 22/06/2021

INTRODUÇÃO

A tecnologia médica para prevenção e tratamento do acidente vascular cerebral (AVC) tem avançado rapidamente em todo o mundo, e o interesse no tratamento do AVC também é crescente. O acidente vascular cerebral consiste em lesões dos tecidos cerebrais por perda de irrigação sanguínea, causada por ruptura direta dos vasos sanguíneos ou sua obstrução por um trombo.¹ A lesão cerebral dos AVCs tem efeito direto nas atividades da vida diária (AVD), paralisia e deficiência de linguagem, deficiência visual, deficiência de marcha e perda de equilíbrio e controle motor.^{2,3} Assim, os exercícios de reabilitação para pacientes com AVC concentram-se no treinamento para restaurar as AVD.

A hemiplegia por AVC provoca desequilíbrio entre os lados direito e esquerdo do corpo, com restrição dos movimentos decorrente da redução da habilidade de andar, ficar em pé e sentar, e mudar de direção. É importante manter o centro de massa para obter movimento estável do corpo, o que, por sua vez, requer propriocepção, senso de equilíbrio, peso corporal equilibrado e percepção visual cognitiva.⁴ Quando certas partes do cérebro sofrem lesão, a hemiparesia causa fraqueza muscular e deficiência motora nos membros contralaterais,⁵ e 61% a 80% do peso corporal se desloca para o lado sadio.⁶ Isso resulta na restrição dos movimentos relacionados com a marcha.

A intervenção precoce com exercícios de reabilitação da marcha é importante. Embora a recuperação neurológica e funcional pós-AVC seja afetada pela patogênese e localização da lesão, é possível atingir 90% da recuperação dentro de 3 meses do início, exceto no AVC hemorrágico.^{7,8} Além disso, a redução do controle do equilíbrio e do recrutamento de músculos aumenta a incidência de quedas.⁹ A menor capacidade de coordenação leva à perda da função dos membros inferiores em pacientes com hemiplegia pós-AVC, e a redução da atividade física restringe as AVD independentes.¹⁰

Além da recuperação das AVD, o exercício de reabilitação também é importante para restaurar a capacidade de marcha. A marcha refere-se ao deslocamento do corpo de um lugar para outro por meio de movimentos alternados das pernas, com uma fase de balanço e uma fase de apoio. O padrão de marcha mais básico consiste em movimentos contínuos nos quais os segmentos dos membros superiores e inferiores interagem.¹¹ A marcha é percebida como um movimento complexo pelos pacientes com AVC e, portanto, é uma causa de restrição da mobilidade. A capacidade de equilíbrio durante a marcha é dividida em capacidade de manter o centro de massa dentro de uma superfície ao mesmo tempo em que se minimiza a oscilação da parte superior e inferior do corpo durante a marcha e a capacidade de manter o centro de massa sobre a base de suporte durante o movimento.^{12,13} O equilíbrio estático em pé antes da marcha e o equilíbrio dinâmico durante a marcha são fatores importantes.

Durante a marcha, o centro de massa deve estar sempre sobre a base de apoio. Na reabilitação da marcha, a experiência em superfícies diferentes é necessária para atingir a marcha estável. O solo pode ser dividido em superfícies estáveis e instáveis; os exercícios de reabilitação em superfícies estáveis podem ajudar a melhorar o equilíbrio estático e a habilidade de andar,¹⁴ enquanto as superfícies instáveis estimulam os proprioceptores articulares dos membros superiores e inferiores, afetando o equilíbrio dinâmico e a capacidade de controle do centro de massa durante a marcha.^{15,16}

Os exercícios de reabilitação do equilíbrio e melhora da função incluem treinamento de equilíbrio, fortalecimento muscular dos membros inferiores, treinamento de *feedback* visual e exercícios de estabilização do corpo por meio de facilitação neuromuscular proprioceptiva.^{17,18} Além disso, há pesquisas ativas sobre diferentes métodos para restaurar o equilíbrio e a capacidade de marcha nos pacientes com AVC, mas os métodos apresentados são simplistas, e há poucas pesquisas relacionadas com a marcha. As pesquisas sobre exercícios de reabilitação com os movimentos necessários para pacientes com AVC e exercícios de reabilitação pós-AVC são limitados devido às dificuldades do processo de pesquisa por causa das características dos pacientes.

Neste estudo, objetivamos usar o treinamento em diferentes superfícies de apoio (TDS) por 12 semanas em pacientes com AVC, e analisar as alterações do equilíbrio estático e dinâmico e da capacidade de marcha, fornecendo dados para exercícios de reabilitação precisos e adequados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra consistiu em 30 pacientes do sexo masculino com AVC em Bucheon (SM Sports Rehabilitation Center, Coreia do Sul) que participaram do estudo voluntariamente. Eles foram designados a dois grupos: GTDS (grupo treinamento em diferentes superfícies de apoio; n = 15) e grupo controle (GC; n = 15). Os participantes tinham diagnóstico de hemiplegia pós-AVC nos últimos 3 meses e conseguiam compreender as instruções e dar respostas adequadas (escala de função cognitiva \geq 23, capazes de andar sem auxílio). As características físicas dos indivíduos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos indivíduos.

Características (Homens, N = 30)	GTDS (n = 15)	GC (n = 15)	Paralisia
Idade (anos)	66,73 \pm 1,86	66,53 \pm 1,50	Hemiplegia dir.
Peso (kg)	64,13 \pm 6,61	70,53 \pm 7,85	
Estatura (cm)	167,0 \pm 4,44	169,4 \pm 4,44	

Os valores são expressos em média \pm DP. GTDS: grupo treinamento em diferentes superfícies de apoio, GC: grupo controle, dir.: direita.

Programa de treinamento em diferentes superfícies de apoio

OTDS usado neste estudo é uma versão modificada e complementada do programa de exercícios usado nos estudos de Rose,¹⁹ Schinkel-Ivy, *et al.*²⁰ e Kong *et al.*¹⁴ Primeiramente, como aquecimento, os pacientes realizaram 10 minutos de alongamento estático; como exercício principal, os pacientes realizaram um programa para melhorar o equilíbrio e a marcha em superfícies estáveis e instáveis (Figura 1). O TDS foi realizado por 70 minutos, 5 vezes por semana, durante 12 semanas, e o grupo controle não participou de nenhum TDS específico (Tabela 2). Todos os participantes foram informados sobre o objetivo e os procedimentos experimentais e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Medição de equilíbrio estático

O equilíbrio estático foi medido pelo equilíbrio em uma perna. O teste mostrado aos indivíduos foi ficar em pé em apoio unipodal, levantar a outra perna com o joelho em flexão de 90°, colocar as duas mãos nos quadris e abrir os olhos, cuja finalidade é medir em segundos o tempo até que o paciente se mova. A perna esquerda e a direita foram medidas separadamente no teste unipodal. O valor máximo das duas experiências foi registrado.²¹

Medição de equilíbrio dinâmico

A capacidade de equilíbrio dinâmico foi medida com o sistema de equilíbrio SD (BIODEX Medical System, EUA). O equilíbrio dinâmico foi medido por um teste de estabilidade postural, usando uma placa circular ajustável, um monitor para controle do equilíbrio visual, um computador para medir o movimento do paciente e analisar os dados e uma impressora para a saída de dados. O equilíbrio dinâmico da estabilidade geral foi medido em todos os movimentos do corpo, a estabilidade anterior/posterior foi medida no movimento anterior e posterior, e a estabilidade medial/lateral foi medida nos movimentos mediais e laterais. Registrou-se o melhor valor das duas experiências.

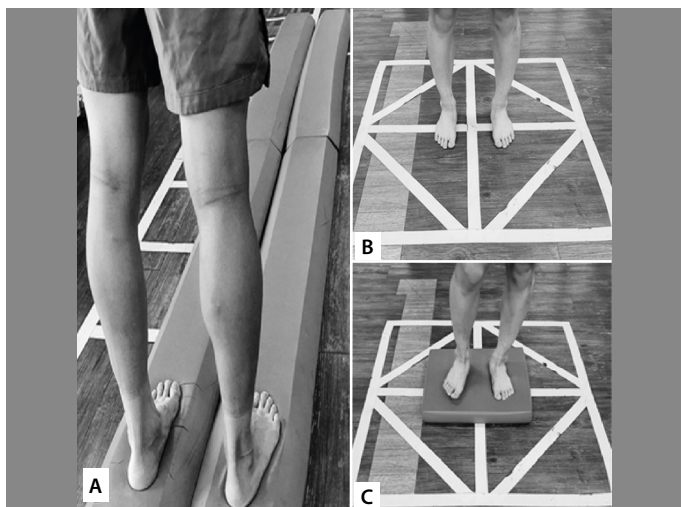


Figura 1. Posição no programa TDS (A: marcha em superfície instável B: ortostatismo em superfície estável, C: ortostatismo em superfície instável).

Tabela 2. Programa TDS.

Protocolo		
Posição	Tipo	Tempo
	Alongamento	10
Posição ortostática	Treinamento em superfície estável	15
	Treinamento em superfície instável	15
Marcha	Treinamento em superfície estável	15
	Treinamento em superfície instável	15
Tempo total		70

Medição da capacidade de marcha

O equipamento de análise de marcha (Analisador de marcha GaitRite, CIR System, Inc., EUA) foi calibrado antes da medição, e os indivíduos praticaram para evitar erros na hora da medição. Antes de cada medição, o comprimento da perna do paciente (distância do trocanter maior até a margem inferior do maléolo lateral), a estatura e o peso foram medidos e os valores foram inseridos no computador. As variáveis medidas para testar diferenças da marcha entre as pernas esquerda e direita foram as seguintes: parâmetros temporais - tempo do passo e tempo da passada (ciclo), que refletem o tempo entre o contato de um pé e o contato do outro com o solo e o tempo de apoio duplo, que mede o tempo no qual os dois pés estão simultaneamente em contato com o solo; parâmetros espaciais - comprimento do passo e comprimento da passada, calculados medindo-se a distância, no eixo horizontal do tapete GaitRite, do calcanhar do pé de apoio ao calcanhar do pé de ataque.

Análise estatística

Todos os dados foram expressos como média \pm desvio padrão; o software usado foi SPSS versão 22.0 para Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA). O teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra foi conduzido para examinar a normalidade. Foi empregado o teste F para a igualdade de variâncias de Levene. O equilíbrio estático, o equilíbrio dinâmico e a análise de marcha foram medidos nos 30 indivíduos, e a análise de variância de medidas repetidas foi usada para examinar as relações entre os grupos e as variáveis medidas. A significância estatística foi aceita para valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Medição de equilíbrio estático

A Tabela 3 mostra as alterações da capacidade de equilíbrio estático. Quando o equilíbrio estático foi medido em pacientes com AVC com o teste de apoio unipodal (OLST) para comparar o pré e o pós-exercício, o grupo treinamento em diferentes superfícies de apoio (GTDS) e o grupo controle (GC) mostraram diferença significativa, dependendo do ponto do tempo ($F = 50,986$).

Medição de equilíbrio dinâmico

A Tabela 4 mostra os resultados da medição do equilíbrio dinâmico. O GTDS e o GC mostraram diferenças significativas dependendo do ponto do tempo do índice de estabilidade geral (OSI, $F = 5,693$), índice de estabilidade anterior/posterior (APSI, $F = 12,696$) e índice de estabilidade medial/lateral (MLSI, $F = 10,020$).

Tabela 3. Resultados de equilíbrio estático (Unidade: seg.).

Teste	Grupo	Pré-teste	Pós-teste	Interação (Grupo X tempo)	
				F	p
SB	GTDS	5,16 \pm 2,99	17,39 \pm 4,96	50,986	,000***
	GC	5,73 \pm 2,65	8,0 \pm 3,5		

Values are Mean \pm SD. SB: static balance, OLSBT: one leg standing balance test, VESG: various surfaces exercise group, GC: control group. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. The significance levels were evaluated using the repeated ANOVA.

Tabela 4. Resultados de equilíbrio dinâmico (Unidade: seg.).

Teste	Grupo	Pré-teste	Pós-teste	Interação (Grupo X tempo)		
				F	p	
DB	OSI	GTDS	2,32 \pm 0,71	1,24 \pm 0,50	5,693	0,000***
		GC	4,30 \pm 1,36	4,41 \pm 1,47		
	APSI	GTDS	1,65 \pm 0,28	0,84 \pm 0,37	12,696	0,001**
		GC	2,32 \pm 1,04	2,91 \pm 1,02		
MLSI	GTDS	4,60 \pm 2,57	0,66 \pm 0,19	10,020	0,004**	
	GC	2,18 \pm 0,88	4,47 \pm 7,15			

Os valores são expressos em média \pm DP. OSI: índice de estabilidade geral, APSI: índice de estabilidade anterior/posterior, MLSI: índice de estabilidade medial/lateral. GTDS: grupo treinamento em diferentes superfícies de apoio, GC: grupo controle, * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Os níveis de significância foram avaliados usando ANOVA de medidas repetidas.

Análise da marcha

A Tabela 5 mostra os resultados da análise da marcha. No lado direito, o GTDS e o GC apresentaram diferenças significativas, dependendo do momento de medição do tempo do passo ($F = 24,467$), tempo da passada ($F = 41,215$) e tempo do duplo apoio ($F = 17,435$). Foram verificadas diferenças significativas nas interações de grupo x tempo no lado esquerdo nos momentos de tempo do passo ($F = 48,537$), tempo da passada ($F = 29,240$) e tempo do duplo apoio ($F = 28,974$).

Tabela 5. Resultados da análise da marcha (Unidade: seg.).

Teste	Grupo	Pré-teste	Pós-teste	Interação (Grupo X tempo)		
				F	P	
Direita	TST	GTDS	1,23±0,12	1,13±0,10	24,467	,000***
		GC	1,23±0,14	1,20±0,14		
	TCT	GTDS	2,24±0,11	2,06±0,36	41,215	,000***
		GC	2,22±0,14	2,21±0,12		
	TDST	GTDS	0,62±0,11	0,52±0,14	17,435	,000***
		GC	0,62±0,09	0,61±0,09		
Esquerda	TST	GTDS	1,17±0,10	1,00±0,09	48,537	,000***
		GC	1,17±0,11	1,17±0,11		
	TCT	GTDS	2,13±0,06	2,05±0,03	29,240	,000***
		GC	2,17±0,10	2,16±0,08		
	TDST	GTDS	0,54±0,14	0,46±0,15	28,974	,000***
		GC	0,51±0,11	0,51±0,10		

Os valores são expressos em média ± DP. TST: Tempo do passo, TCT: Tempo da passada (ciclo), TDST: tempo de duplo apoio. GTDS: grupo treinamento em diferentes superfícies apoio, GC: grupo controle, * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Os níveis de significância foram avaliados usando ANOVA de medidas repetidas.

DISCUSSÃO

Os sintomas de acidente vascular cerebral incluem redução da capacidade motora devido ao enfraquecimento muscular, rigidez, dor e déficits de equilíbrio e dos órgãos sensoriais.²² Devido à deterioração do equilíbrio, os pacientes com AVC apresentam cerca de duas vezes mais oscilação postural em posição ortostática do que os indivíduos saudáveis e mostraram estabilidade e equilíbrio reduzidos na manutenção postural.²³⁻²⁵ Por essas razões, quando os pacientes com AVC mantinham postura ereta, a assimetria anterior/posterior e esquerda/direita e a estrutura corporal alterada levavam à disfunção e instabilidade do tornozelo, afetando a execução de AVD.²⁶

Neste estudo, depois de TDS, observamos um aumento do equilíbrio estático. Esses resultados são compatíveis com os de Jain & Shah,²⁷ que sugeriram que o equilíbrio estático é controlado pelos sistemas vestibular, visual e somatossensorial. Liu *et al.*²⁸ e Runge *et al.*²⁹ relataram que o treinamento em diferentes superfícies de apoio deve ser enfatizado e que os exercícios de equilíbrio estável devem ser evitados quando o objetivo é melhorar a marcha e o equilíbrio e diminuir o risco de quedas e lesões em pacientes com AVC. Van Duijnhoven *et al.*³⁰ estudaram pacientes com AVC (revisão sistemática e metanálise) e relataram que o treinamento de equilíbrio e/ou deslocamento de peso, o treinamento de marcha e o programa de treinamento multissensorial para pacientes com AVC com diversos métodos de treinamento e identificaram melhoras de força muscular, equilíbrio e resistência muscular no teste de equilíbrio. Esses resultados coincidem com os nossos e apoiam os efeitos positivos do TDS. A este respeito, o controle do equilíbrio estático melhorou com exercícios de reabilitação, e acredita-se que os exercícios de peso corporal com antepé e o retopé em superfícies diferentes mantiveram a posição do centro de massa e o centro de pressão do pé de apoio. Além disso, o treinamento em diferentes superfícies de apoio melhorou a capacidade de equilíbrio estático através de sinais somáticos transmitidos pelos proprioceptores ao sistema nervoso central, resultando em processamento sensorio-motor subconsciente, em vez de respostas conscientes dos músculos, articulações, ligamentos e tendões do membro inferior.^{29,31} Isso significa que

a estimulação adequada das partes paralisadas do corpo é importante para garantir o equilíbrio e que o TDS contínuo pode ter efeitos positivos.

O equilíbrio dinâmico é um fator importante para a marcha,^{32,33} para a propriocepção e para o equilíbrio corporal e a redução do equilíbrio dinâmico expõe o paciente ao risco de lesões, mesmo que a deficiência seja apenas de movimento e equilíbrio corporal.³⁴ Neste estudo, foram verificadas diferenças significativas nos índices OSI, APSI, MLSI depois do TDS. O grupo TDS teve diminuição do APSI, o que indica melhora da estabilidade anterior e posterior. Em um estudo de grupo controle (25 pacientes) e grupo experimental (25 pacientes) com pacientes com AVC, Liu *et al.*²⁸ relataram que 4 semanas de treinamento de sentar e levantar aumentou o equilíbrio anterior/posterior e medial/lateral, assim como a mobilidade do peso corporal em treinamento experimental para pacientes com AVC. Em consonância com estudos anteriores,^{28,32,33,34} também observamos efeitos positivos do TDS sobre o APSI, ao estabilizar o movimento do centro de massa do corpo com exercícios para melhorar o movimento do peso corporal e a propriocepção do pé, como mudar a base de apoio e ficar em pé sobre antepé e o retopé. O MLSI requer carga de peso corporal, equilíbrio esquerda-direita³⁵ e mudanças de direção no plano horizontal; o comprometimento desse aspecto do equilíbrio expõe o paciente ao risco de lesões, mesmo que devido apenas à assimetria corporal e ao declínio da função.²⁰ Neste estudo, o MLSI diminuiu depois de TDS, indicando aumento da estabilidade medial/lateral. Hsiao *et al.*³⁶ usaram exercícios laterais com peso corporal em pacientes com AVC e relataram uma correlação entre a velocidade da marcha e o equilíbrio; neste estudo, acredita-se que o TDS ajudou a melhorar o MLSI e influenciou a estabilidade da extensão do quadril durante os efeitos da marcha sobre os músculos adutores e abdutores do quadril. Além disso, acredita-se que os resultados do APSI e do MLSI tenham afetado a medição do OSI. O OSI mede as mudanças de posição em todas as direções. Ahmed *et al.*³⁷ investigaram o treinamento de equilíbrio anterior/posterior e medial/lateral com o Biodex Balance System em pacientes de 45 a 65 anos com AVC, e constataram aumento do OSI, melhora do equilíbrio dinâmico, bem como aumento da força muscular dos membros inferiores e da amplitude de movimento na região do tornozelo, o que resultou na melhora do equilíbrio estático e dinâmico. Neste estudo, o TDS melhorou a coordenação dos membros inferiores e as interações do equilíbrio muscular; isso resultou em aumento da velocidade de condução de mais de 15 a 30 m/s, melhorando a estimulação muscular e neural³⁸ e aumentando a velocidade da marcha, a contagem de passos e o tempo de duplo apoio, reduzindo o comprimento do passo e afetando a estabilidade corporal durante a marcha.³⁹ O treinamento em diferentes superfícies de apoio influencia a melhora do OSI quanto a senso de direção em geral, função das partes paralisadas, coordenação e força muscular dos membros inferiores, carga de peso corporal esquerda-direita e mudanças do centro de massa. Portanto, o equilíbrio dinâmico depois de TDS melhora a capacidade de marcha e o equilíbrio, e a implementação de um programa contínuo e prolongado tem efeito positivo sobre o equilíbrio dinâmico.

A marcha é importante para recuperar as AVD em pacientes hemiplégicos com AVC, porque os movimentos que propiciam a vida independente, como ir ao banheiro, caminhar e subir, estão especialmente relacionados com a marcha. A perda da contração muscular ativa, o enfraquecimento muscular, a assimetria corporal e a instabilidade do tornozelo em pacientes hemiplégicos restringem as AVD e aumentam o risco de lesões.⁴⁰ Snerterse *et al.*⁴¹ e Belda-Lois *et al.*⁴² relataram que a paralisia ocorre devido à lesão do sistema nervoso central, resultando em um padrão de marcha com movimento circular de uma perna, e essa redução da capacidade de marcha está intimamente relacionada com o tempo da passada, isto é, fase de apoio e fase de balanço, bem como com o tempo de apoio e o tempo do passo. Neste estudo, constatou-se que a capacidade da marcha medida depois

de TDS aumentou substancialmente quanto a tempo do passo, tempo da passada e tempo de apoio. Com o TDS, o equilíbrio estático melhora a estabilidade corporal durante o apoio unipodal na fase de balanço, e o tempo de apoio diminui; o equilíbrio dinâmico, melhora a coordenação das partes superior e inferior do corpo durante a fase de apoio e de balanço, recuperando a função da articulação do quadril, a capacidade de transferir o peso corporal e dando maior estabilidade aos membros que, por fim resulta em maior tamanho de passada e o tempo do passo. Em particular, o menor tempo de passo do pé direito (lado paralisado) indicou que o tempo de desprendimento dos dedos (pré-balanço) do pé direito era menor. Fukuchi *et al.*⁴³ examinaram os movimentos das pernas durante a marcha de uma perspectiva funcional e verificaram que o principal papel da extensão do quadril é fixar com segurança a relação entre uma perna e o tronco quando a outra perna está no ar. Portanto, o menor tempo do passo estabiliza a fixação da perna oposta, fornece um forte estímulo para melhorar a função dessa perna e reduz o tempo da passada e o tempo de duplo apoio, em última análise, melhorando a qualidade da marcha. Mochizuki *et al.*⁴⁴ verificaram mudanças de velocidade da marcha e tamanho do passo dependentes do equilíbrio e relataram que isso se relaciona com melhora da marcha e com o menor risco de queda. Nos pacientes com AVC, o treinamento em diferentes superfícies de apoio influencia a

coordenação dos membros e a marcha, melhorando o equilíbrio estático e dinâmico e, por fim, aumenta a estabilidade do corpo e a qualidade da marcha. Como resultado, o TDS neste estudo deve ser usado ativamente em pacientes idosos hemiplégicos com AVC e acreditamos que isso permitirá melhora do equilíbrio, da marcha e da qualidade de vida.

CONCLUSÕES

Em conclusão, depois do TDS, constatamos aumento do equilíbrio estático e dinâmico, além de melhoras da marcha (tempo do passo, tempo da passada, tempo de duplo apoio), em comparação com o GC. O TDS aumentou o equilíbrio e a função da marcha em pacientes com hemiplegia por AVC. O TDS deve ser aplicado continuamente durante a reabilitação dos pacientes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os participantes e à equipe de pesquisa que ajudaram na coleta de dados para o projeto.

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

AUTHORS' CONTRIBUTIONS: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. Hyun-Seung Rhyu: Contribuição significativa no esboço geral e seleção de pacientes deste artigo. Soung-Yob Rhi: Contribuição significativa para os experimentos e na redação deste artigo.

REFERÊNCIAS

- Gomes J, Wachsmann AM. Handbook of clinical nutrition and stroke. In: Corrigan, Mandy L, Escuro, Arlene A, Kirby, Donald F. Chapter 2: Nutrition and Health. New York: 2013.
- Chae SH, Kim YL, Lee SM. Effects of phase proprioceptive training on balance in patients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci* 2017; 29: 839-844.
- McGlinchey MP, James J, McKeivitt C, Douiri A, McLachlan S, Sackley CM. The effect of rehabilitation interventions on physical function and immobility-related complications in severe stroke-protocol for a systematic review. *Syst Rev* 2018;7(1):197.
- Zijlstra A, Mancini M, Chiari L. Biofeedback for training balance and mobility tasks in older populations: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil* 2010;7:58.
- Bohannon RW. Muscle strength and muscle training after stroke. *J Rehabil Med* 2007;39(1):14-20.
- Sackley CM, Baguly BL. Visual feedback after stroke with balance performance monitor: two single case studies. *Clinical Rehabilitation* 1993;7(3):189-195.
- Anderson TP. Rehabilitation of patient with complete stroke 4th Ed. Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation 1990.
- Karakaya MG, Rutbi H, Akpınar E, Yildirim A, Karakaya İÇ. Effect of ankle proprioceptive training on static body balance. *J Phys Ther Sci* 2015;27:3299-3302.
- Nyberg L, Gustafson Y. Patient falls in stroke rehabilitation: A challenge to rehabilitation strategies. *Stroke* 1995;26(5):838-842.
- Chandler JM, Duncan PW, Studenski SA. Balance performance on the postural stress test: comparison of young adults, healthy elderly, and fallers. *Phys Ther* 1990;70(7):410-415.
- Alice Bonnefoy M, Armand S. Normal gait: chapter 16. Nova Science Publishers 2015; 200-213.
- Pinedo S, Erazo P, Tejada P, Lizarraga N, Aycart J, Miranda M, Zaldibar B, Gamio A, Gomez I, Sanmartin V, Bilbao A. Rehabilitation efficiency and destination on discharge after stroke. *Eur J Phys Rehabil Med* 2014;50(3):323-333.
- Januario F, Campos I, Amaral C. Rehabilitation of postural stability in ataxic/ hemiplegic patients after stroke. *Disabil Rehabil* 2010;32(21):1775-1779.
- Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69(6):395-400.
- Kong HN, Bang DH, Shin WS. Effects of balance training on different support surface on balance and gait in patients with chronic stroke. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine* 2015;10(3):57-65.
- Cumming Robert G, Klineburg J. Fall frequency and characteristics and the risk of hip fractures. *Journal of the American Geriatrics Society* 1994;42(7):774-778.
- Zhang WW, Speare S, Churilov L, Thuy M, Donnan G, Bernhardt J. Stroke rehabilitation in china: a systematic review and meta-analysis. *Int J Stroke* 2014;9(4):494-502.
- Lee SY, Park JS, Lee DH. Effects of an exercise program using aero-step equipment on the balance ability of normal adults. *J Phys Ther Sci* 2013;25(8):937-940.
- Richardson JK, Sandman D, Vela S. A focused exercise regimen improves clinical measures of balance in patients with peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(2):205-209.
- Rose DJ. Fall proof! a comprehensive balance and mobility training program. 2nd Edition: Human Kinetics, 2010.
- Schinkel-Ivy A, Inness EL, Mansfield A. Relationships between fear of falling, balance confidence, and control of balance, gait, and reactive stepping in individuals with sub-acute stroke. *Gait Posture* 2016;43:154-159.
- Rodrigo Antonio G, Rony S, Francisco Aniceto R, David Andrés A, Pablo Andrés O. Relationship between unipedal stance test score and center of pressure velocity in elderly. *Rev Esp Geriatr Gerontol* 2011;46(5):256-260.
- Ghomashchi H. Investigating the effects of visual biofeedback therapy on recovery of postural balance in stroke patients using a complexity measure. *Top Stroke Rehabil* 2016;23(3):178-183.
- Badke MB, Sherman J, Boyne P, Page S, Dunning K. Tongue-based biofeedback for balance in stroke: results of an 8-week pilot study. *Clinical Trial* 2011;92(9):1364-1370.
- Middleton A, Merlo-Rains A, Peters DM, Greene JV, Blanck EL, Moran R, Fritz SL. Body weight-supported treadmill training is no better than overground training for individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Randomized Controlled Trial* 2014;21(6):462-476.
- MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, Dromerick A, Giacomantonio N, Hafer-Macko C, Macko R, Nguyen E, Prior P, Suskin N, Tang A, Thornton M, Unsworth K. *Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. Phys Ther* 2020;100(1):149-156.
- Jain A, Shah C. Effectiveness of three different surfaces for balance training on ambulant stroke Patients - a comparative study. *International Journal of Science and Research* 2015;6:2319-7064.
- Liu M, Chen J, Fan W, Mu J, Zhang J, Wang L, Zhuang J, Ni C. Effects of modified sit-to-stand training on balance control in hemiplegic stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2016;30(7):627-636.
- Lee JY, Park JS, Lee DH, Roh HY. The Effects of Exercising on Unstable Surfaces on the Balance Ability of Stroke Patients. *J Phys Ther Sci* 2011;23:789-792.
- Van Duijnhoven HJ, Heeren A, Peters MA, Veerbeek JM, Kwakkel G, Geurts AC, Weerdesteyn V. Effects of Exercise Therapy on Balance Capacity in Chronic Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis. *Stroke* 2016;47(10):2603-2610.
- Tsaklis PV, Grooten WJ, Franzén E. Effects of weight-shift training on balance control and weight distribution in chronic stroke: a pilot study. *Top Stroke Rehabil* 2012;19(1):23-31.
- Vistamehr A, Balasubramanian CK, Clark DJ, Neptune RR, Fox EJ. Dynamic balance during walking adaptability tasks in individuals post-stroke. *J Biomech* 2018;6(74):106-115.
- Bower K, Thilarajah S, Pua YH, Williams G, Tan D, Mentiplay B, Deneyh L, Clark R. Dynamic balance and instrumented gait variables are independent predictors of falls following stroke. *J Neuroeng Rehabil* 2019;16(1):3.
- Yom C, Cho HY, Lee B. Effects of virtual reality-based ankle exercise on the dynamic balance, muscle tone and gait of stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27(3):845-849.
- Seo KC, Kim HA. The effects of ramp gait exercise with PNF on stroke patients' dynamic balance. *J Phys Ther Sci* 2015;27(6):1747-9.
- Hsiao H, Gray VL, Creath RA, Binder-MacLeod, SA, Rogers MW. Control of lateral weight transfer is associated with walking speed in individuals post-stroke. *Journal of Biomechanics* 2017;60:72-78.
- Ahmed GM, Nassif AA, Nassag BE, Fahmy EM, Hanna SN. Relationship between the Balance Evaluation System Test and The Biodex Stability System as a Measurement of Balance in Stroke Patients. *Med. J. Cairo Univ* 2016;84(2):375-381.
- Nordin M, Frankel VH. *Biomechanics of the musculoskeletal system* 4nd ed. Philadelphia London: Lea and Febiger, 2012.
- Silva MRE, Jacinto J. Velocity Determinants in Spastic Patients after Stroke-A Gait Analysis Study. *Neuro Int* 2020;12(3):48-54.
- Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin* 2015;45(4-5):335-355.
- Snatser M, Ton R, Kuo AD, Donelan JM. Distinct fast and slow processes contribute to the selection of preferred step frequency during human walking. *J Appl Physiol* 2011;110(6):1682-90.
- Belda-Lois JM, Mena-del Horno S, Bermejo-Bosch I, Moreno JC, Pons JL, Farina D, et al. Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach. *J Neuroeng Rehabil* 2011;8:66.
- Fukuchi CA, Fukuchi RK, Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev* 2019;8(1):153.
- Mochizuki L, Bigongiari A, Franciulli PM, Francica JV, Alonso AC, Ervilha UF, et al. The effect of gait training and exercise programs on gait and balance in post-stroke patients. *Medical Express* 2015;2(4).