



Alterações na cinemática da marcha hemiparética: um estudo comparativo

Changes in the kinematics of hemiparetic gait: a comparative study

Raquel Saccani¹, Sofia Toss Germano², Carolina de Quadros dos Santos³, Dannielle Cristina Sanfelice Bernardon⁴, Fernanda Cechetti⁵, Leandro Viçosa Bonetti⁶

¹ Doutora em Ciências do Movimento Humano. Professora do Curso de Fisioterapia, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul (RS), Brasil; ² Fisioterapeuta pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul (RS), Brasil; ³ Graduanda em Fisioterapia e Bolsista de Iniciação Científica, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul (RS), Brasil; ⁴ Fisioterapeuta do Laboratório de Análise Biomecânica do Movimento Humano, Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul (RS), Brasil; ⁵ Doutora em Ciências da Saúde: Neurociências. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSA), Porto Alegre (RS), Brasil; ⁶ Doutor em Ciências da Saúde: Neurociências. Professor do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul (RS), Brasil.

Autor correspondente: Leandro Viçosa Bonetti. *E-mail:* leandrovbonetti@gmail.com; lvbonetti@ucs.br

RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi analisar as alterações da marcha de adultos com hemiparesia após acidente vascular encefálico (AVE) e comparar com sujeitos saudáveis. A amostra foi composta por 14 participantes do grupo AVE e 14 participantes pareados do grupo-controle (CON). Foi realizada uma análise tridimensional da marcha mediante um sistema de cinemática. Os parâmetros analisados foram a velocidade, o comprimento da passada, a largura da passada, a cadência e o tempo da passada, sendo utilizado o teste *t* independente para as comparações entre os grupos e considerando $p < 0,05$ como critério de decisão. Os participantes do grupo AVE apresentaram valores médios significativamente inferiores em todos os parâmetros analisados. Além disso, os pacientes do grupo AVE também tiveram valores muito inferiores quando comparados aos de outros estudos com pacientes pós-AVE, possivelmente devido ao curto período entre o AVE (média de 14,14 meses) e a avaliação da marcha.

Palavras-chave: Acidente vascular encefálico. Hemiparesia. Marcha.

ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the gait alterations of adults with hemiparesis after cerebrovascular accident (CVA) and compare it with healthy subjects. The sample consisted of 14 participants from the stroke group and 14 matched participants from the control group (CON). A three-dimensional gait analysis was performed using a kinemetry system. The parameters analyzed were velocity, stride length, stride width, cadence, and stride time, using the independent *t* test for comparisons between groups and considering $p < 0.05$ as a decision criterion. Participants in the stroke group had significantly lower mean values in all analyzed parameters. In addition, patients in the CVA group also had much lower values when compared to other studies with post-CVA patients, possibly due to the short period between the CVA (mean of 14.14 months) and the gait assessment.

Keywords: Brain stroke. Gait. Hemiparesis.

*Recebido em Novembro 04, 2021
Aceito em Fevereiro 05, 2022*

INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) afeta aproximadamente 16 milhões de pessoas e causa 6 milhões de mortes por ano no mundo¹. No Brasil, estima-se que 568 mil pessoas apresentem incapacidades graves consequentes dessa patologia¹. O AVE é uma das principais causas de mortalidade e incapacidades físicas e cognitivas no mundo². Apesar dos índices de mortalidade estarem diminuindo, o envelhecimento populacional tem aumentado o número de pessoas com dificuldades para a realização de suas atividades de vida diárias (AVD) em decorrência de um AVE³⁻⁴.

A hemiparesia espástica é vista como o comprometimento mais comum após um AVE, sendo relacionada aos déficits musculares e diminuição da função sensitiva, por isso é considerada a principal responsável pelas incapacidades físicas dessa população⁵⁻⁷. O comprometimento da locomoção é uma das alterações funcionais mais relatadas⁸⁻⁹. Estima-se que duas em cada três pessoas experimentem dificuldades persistentes para a realização de uma marcha adequada após um AVE¹⁰. Estudos prévios demonstram que as alterações no equilíbrio, resultantes da hemiparesia espástica, são consideradas as principais causas das alterações do padrão da marcha, podendo levar a instabilidades durante a locomoção pós-AVE¹¹⁻¹³. A instabilidade durante a marcha é o principal fator para o aumento do risco de quedas

pós-AVE¹⁴⁻¹⁵, apesar do entendimento de que as quedas tenham origem multifatorial¹⁶⁻¹⁷. De acordo com Belgan et al.¹⁸, até 70% das pessoas que sofreram um AVE apresentam ao menos um episódio de queda ao ano.

Nesse contexto, a análise biomecânica da marcha de indivíduos hemiparéticos é um método de avaliação muito importante, pois a análise da marcha pode ser utilizada para avaliar o risco de quedas¹⁹. Dentre as ferramentas de avaliação, a análise tridimensional é uma abordagem válida para avaliar diversos distúrbios motores, oferecendo excelente reprodutibilidade e confiabilidade em pacientes hemiparéticos pós-AVE²⁰⁻²¹.

Então, entendendo que o AVE tem grande incidência na população brasileira e que a marcha é uma das perdas funcionais mais importantes, estudos nessa área são relevantes. A identificação de possíveis alterações nos parâmetros biomecânicos da marcha pode auxiliar no planejamento terapêutico, objetivando melhorar o padrão da marcha e a consequente diminuição no risco de quedas dessa população.

Diante disso, o objetivo principal desta pesquisa foi analisar as alterações na cinemática da marcha de adultos com hemiparesia após AVE em comparação com sujeitos saudáveis.

METODOLOGIA

Este estudo se caracterizou como descritivo e observacional, de caráter

comparativo e abordagem transversal. Faz parte de um projeto aprovado (protocolo 2.230.696) pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) e conduzido de acordo com as disposições legais da resolução Nº 510, de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde, que aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. O local de realização deste estudo foi o Laboratório de Análise Biomecânica do Movimento Humano, do Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul (CECLIN-UCS).

Participaram 28 adultos, subdivididos em dois grupos: Grupo AVE, composto por 14 pacientes que sofreram um AVE e apresentavam hemiparesia espástica; Grupo CON, composto por 14 adultos hígidos, constituindo o grupo-controle. O estudo ocorreu entre setembro de 2020 e agosto de 2021, e a amostra foi do tipo intencional e não probabilística, pareada por idade. Foram considerados critérios de inclusão: faixa etária adulta, entre 40 e 59 anos; diagnóstico clínico de AVE com hemiparesia espástica; cadastramento no CECLIN-UCS; capacidade de deambulação com ou sem dispositivo; assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos da pesquisa os indivíduos que apresentassem: alteração cognitiva ou alteração visual; hemiparesia flácida; doenças cardiovasculares;

dificuldades que impossibilitassem passar pelo teste.

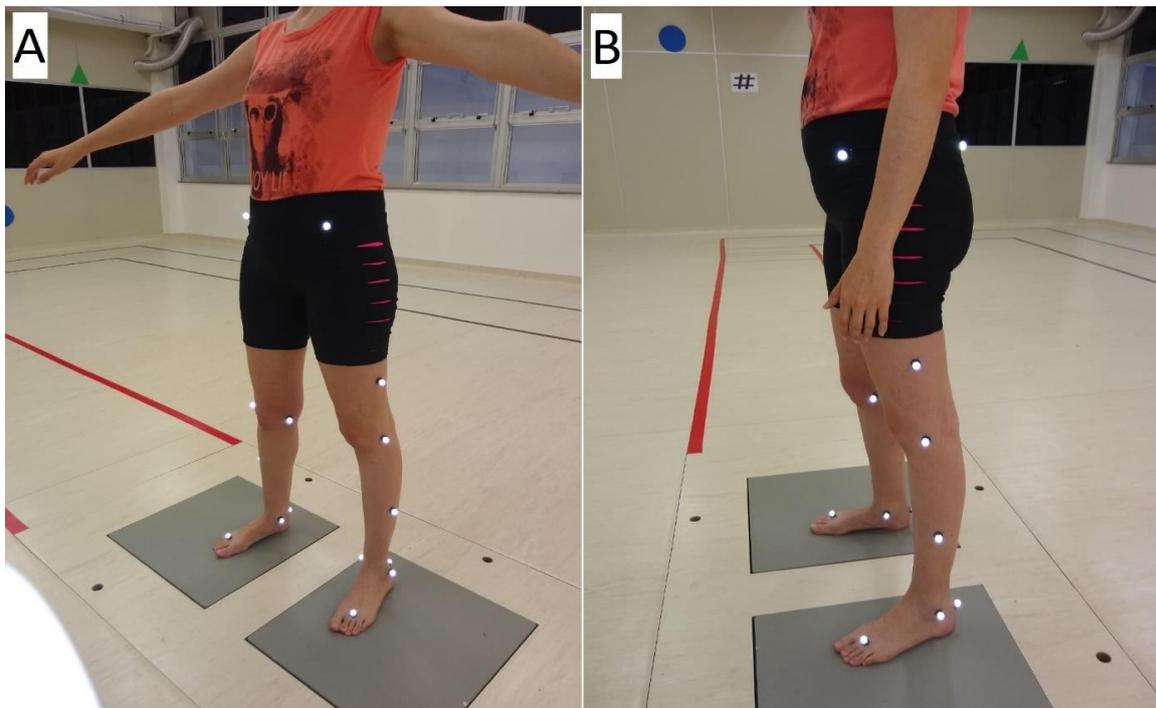
Para realização do estudo, primeiramente, procedeu-se a uma pesquisa no cadastro de pacientes do CECLIN-UCS e análise dos prontuários para seleção dos pacientes pós-AVE com hemiparesia espástica, conforme os critérios de inclusão. Em seguida, determinou-se o grupo CON, considerando-se pareamento por idade e intervalo máximo de um ano de diferença entre os participantes do Grupo AVE e CON. Depois foi realizado contato telefônico com os pacientes explicando a eles sobre o estudo e convidando-os a participar. Na data previamente agendada, os indivíduos preencheram um questionário com informações pessoais para identificação, antropométricas e referentes a sua situação de saúde. Na sequência, assinaram o TCLE e foram direcionados ao teste de avaliação da marcha.

Os procedimentos para coleta de dados da marcha foram baseados no protocolo de Laroche et al.²². Para adaptação dos participantes ao protocolo de avaliação, primeiramente foi solicitado aos sujeitos que caminhassem 8 metros em linha reta na velocidade autosselecionada, no local destinado à coleta de marcha no laboratório. Após, foram afixados marcadores reflexivos nos seguintes pontos anatômicos (à direita e à esquerda): espinhas ilíacas anterossuperiores, espinhas ilíacas posterossuperiores, porções médio-laterais dos fêmures, porções médio-laterais dos joelhos, porções médio-laterais das tíbias, maléolo

lateral dos tornozelos, porções centro-posteriores dos calcâneos e face dorsal dos segundos metatarsos, como observado na Figura 1. Foram realizadas diversas tentativas até que oito passos fossem capturados integralmente.

Para a captura da trajetória tridimensional dos marcadores

posicionados no corpo dos sujeitos durante a marcha, foi utilizado um sistema de cinemetria dotado de sete câmeras integradas (VICON MX systems, Oxford Metrics Group, Reino Unido). Os dados cinemáticos foram coletados em uma taxa de amostragem de 100 Hz.



Legenda: A) afixação de marcadores reflexivos (vista frontal); B) afixação de marcadores reflexivos (vista sagital).

Figura 1. Afixação de marcadores reflexivos em pontos anatômicos
Fonte: Dados da pesquisa.

Foram consideradas as seguintes variáveis da cinemática linear: a) variável espaço-temporal: velocidade da marcha; b) variáveis espaciais da marcha: comprimento da passada, largura da passada; c) variáveis temporais da marcha: tempo da passada, cadência. Os dados coletados foram analisados por meio do programa estatístico SPSS 17.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*). Para

descrição das variáveis cinemáticas da marcha, foi utilizada estatística descritiva com distribuição de frequência simples e relativa, bem como as medidas de tendência central (média/mediana) e de variabilidade (desvio-padrão). Para as comparações, foi utilizado o teste *t* independente, considerando $p < 0,05$ como critério de decisão²³.

RESULTADO

As características gerais dos participantes estão apresentadas na Tabela 1. Os dados demonstram homogeneidade entre os grupos. Com relação à idade, os

dois grupos apresentaram média de idade de 51 anos, variando entre 43 e 59 anos no grupo AVE e entre 41 e 59 anos no grupo CON.

Tabela 1. Características gerais dos participantes

Caracterização amostral	Grupo AVE	Grupo CON	t	p
	Média (±DP)			
Idade (anos)	51,29 (±5,56)	51,21 (±6,10)	0,03	0,97
Peso (kg)	72,33 (±13,33)	76,97 (±13,70)	-0,90	0,37
Altura (m)	1,62 (±0,09)	1,68 (±0,08)	-1,76	0,09
Tempo de lesão (meses)	14,14 (±15,40)	-	-	-

Legenda: Grupo AVE – grupo composto por pacientes pós-AVE com hemiparesia espástica; Grupo CON – grupo-controle composto por adultos hígidos; DP – desvio-padrão; kg – quilogramas; m – metros.

Fonte: Dados de pesquisa.

Na Tabela 2, estão descritas as variáveis cinemáticas da marcha, demonstrando diferença significativa entre os grupos, em que os pacientes hemiparéticos apresentam resultados

inferiores em todos os parâmetros avaliados.

Tabela 2. Média das variáveis cinemáticas comparando os dois grupos

Variáveis cinemáticas	Grupo AVE	Grupo CON	t	p
	Média ± DP			
Espaço-temporal				
Velocidade (m/s)	0,39 (±0,24)	1,24 (±0,10)	-12,12	< 0,0001
Espaciais				
Comprimento da passada (m)	0,64 (±0,24)	1,29 (±0,10)	-9,14	< 0,0001
Largura da passada (m)	0,22 (±0,05)	0,18 (±0,03)	2,36	0,02
Temporais				
Cadência (passos/s)	67,15 (±25,85)	115,42 (±5,43)	-6,83	< 0,0001
Tempo passada (s)	3,60 (±2,49)	1,04 (±0,04)	3,82	0,001

Legenda: Grupo AVE – grupo composto por pacientes pós-AVE com hemiparesia espástica; Grupo CON – grupo-controle composto por adultos hígidos; DP – desvio-padrão; kg – quilogramas; m – metros; passos/s – passos por segundo; s – segundos; m/s – metros/segundo.

Fonte: Dados de pesquisa.

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que os participantes do grupo AVE com hemiparesia espástica exibiram desempenhos inferiores aos dos participantes do grupo-controle em todos os parâmetros cinemáticos da marcha analisados (velocidade, comprimento da passada, largura da passada, cadência, tempo da passada). Devido à importância funcional, a recuperação da marcha deve estar entre os principais objetivos da reabilitação²⁴; entretanto, nem sempre os indivíduos que sofrem um AVE recebem atenção adequada e necessária para a recuperação funcional da marcha²⁵⁻²⁶. A análise das variáveis espaço-temporal, espaciais e temporais permitem aos pesquisadores e profissionais que trabalham com reabilitação o entendimento sobre o padrão anormal da marcha pós-AVE²⁷.

Diferentemente da maioria dos estudos de marcha com tal população, nesta pesquisa os parâmetros cinemáticos foram coletados por um sistema de tecnologia tridimensional, atualmente considerado padrão-ouro para avaliação da marcha e planejamento do tratamento em várias populações de pacientes²⁸. Outro importante ponto a ser destacado é com relação à idade dos participantes: todos, adultos com idade entre 41 e 59 anos (média de 51,29 anos). Essa média de idade pode ser considerada baixa, pois sabe-se

que a maior parte dos eventos vasculares cerebrais acomete idosos. Devido a isso, a maioria das pesquisas que avaliou a marcha de pacientes após um AVE o fez em idosos com médias de idade de 60,8 anos²⁹, 62,5 anos³⁰, 62,7 anos²⁰, 64,1 e 69,0 anos¹⁹ e 64,7 anos³¹.

Quanto à velocidade da marcha, os resultados deste estudo demonstraram que o valor médio do grupo AVE foi significativamente inferior quando comparado ao do grupo saudável. A velocidade durante a locomoção é o parâmetro cinemático mais estudado pela sua importância funcional, sendo considerada um preditor de independência³²⁻³³. Clinicamente, a velocidade da marcha mais lenta está diretamente relacionada a uma diminuição da capacidade de exercício, ativação muscular e produção de força³⁴. Velocidades da marcha entre 0,40 e 0,80 m/s são consideradas velocidades baixas, caracterizando uma locomoção limitada³⁵. Boudarham et al.³⁶, Curuk et al.³⁷ e Geiger et al.²¹ avaliaram a marcha de adultos pós-AVE com médias de idade de 52, 54,4 e 58,2 anos, respectivamente, e também demonstraram velocidades baixas. Entretanto, a velocidade média do grupo AVE da presente pesquisa foi de 0,39 m/s, muito abaixo dos 0,78 m/s³⁶, 0,76 m/s³⁷ e 0,77 m/s²¹ dos estudos anteriormente citados. Com base nesses resultados, pode-se considerar que os participantes desta

pesquisa apresentaram níveis funcionais inferiores quando comparados aos de outros estudos com adultos pós-AVE¹¹. Além de indicar uma queda na funcionalidade, a diminuição da velocidade da marcha em pacientes hemiparéticos tem o objetivo principal de manter a estabilidade postural e reduzir o risco de quedas^{31,38}, pois a marcha hemiparética é assimétrica e compromete o equilíbrio corporal³⁹. Ainda, considerando aspectos sensório-motores, a fraqueza muscular dos flexores do quadril, extensores do joelho e dorsiflexores do tornozelo são fatores determinantes e justificam a diminuição da velocidade observada⁴⁰. Essa fraqueza no hemicorpo, associada a espasticidade, falta de controle motor seletivo e propriocepção deficiente, limita a capacidade do sujeito de aumentar a velocidade durante sua locomoção⁴⁰⁻⁴¹.

Além do decréscimo significativo do parâmetro espaço-temporal (velocidade) da marcha, o comprimento da passada e a cadência também mostraram valores significativamente inferiores; enquanto a largura e o tempo da passada apresentaram valores superiores na comparação com o grupo saudável. Na análise dos parâmetros espaciais, enquanto Boudarham et al.³⁶ e Geiger et al.²¹ demonstram valores próximos a 1,00 metro para o comprimento da passada e por volta de 0,20 metro para a largura da passada, os valores médios dos participantes deste estudo foram de 0,64 e 0,22 metro, respectivamente. Na análise das variáveis temporais (cadência e tempo da

passada), o grupo AVE teve valor médio de 67,15 passos por minuto para a cadência, enquanto os valores médios dos outros estudos com adultos pós-AVE foram de 91,00³⁶, 94,44²¹ e 96,06³⁷ passos por minuto. Já no tempo da passada, o valor médio foi de 3,60 segundos, enquanto os adultos pós-AVE do trabalho de Boudarham et al.³⁶ apresentaram valores médios de 1,35 segundos, quase 50% inferiores aos do presente estudo. Essas alterações observadas nos pacientes são adaptações necessárias para sustentar a função da marcha, diante das inúmeras mudanças sensório-motoras que ocorrem após o AVE. O paciente utiliza o passo mais curto, provavelmente para diminuir o tempo de apoio sobre o membro afetado, se mantendo por mais tempo em duplo apoio. Isso, somado ao aumento da base e lentidão no deslocamento, diminui a instabilidade na marcha, proporcionando maior segurança ao paciente⁴⁰.

Cabe ressaltar que a quantificação dessas variáveis fornece mais informações sobre o estado de saúde dos sujeitos avaliados²⁷, servindo inclusive para avaliar o risco de mortalidade⁴². Essas alterações nas variáveis espaciais e temporais indicam as adaptações no sistema locomotor para a execução de uma locomoção mais segura e eficiente²⁹. Os resultados encontrados são típicos de pacientes que sofreram um AVE e apresentam hemiparesia espástica, como demonstrou a revisão sistemática de Sheffler e Chae¹¹. Entretanto, apesar de

serem resultados esperados para essa população, os participantes do grupo AVE demonstraram desempenhos muito inferiores quando comparados com dados evidenciados pelos outros trabalhos que avaliaram adultos pós-AVE^{21,36-37}. A justificativa para esses resultados pode estar relacionada ao período médio de 14,14 meses entre o episódio do AVE e a avaliação. Nos outros estudos que avaliaram a marcha de adultos pós-AVE, o tempo médio entre o AVE e a avaliação foi de 59 meses³⁶, 79,9 meses³⁷ e 116,4 meses²¹, muito superiores aos 14,14 meses da presente pesquisa. A grande variabilidade na locomoção de pacientes pós-AVE é dependente da gravidade do sistema sensório-motor, do tempo de lesão e tempo de reabilitação. Estudos indicam que, quanto maior o tempo de reabilitação, maiores são as chances de melhorar o padrão de marcha, sendo que as variações possuem estreita relação com o grau de recuperação⁴³⁻⁴⁴. Então, os resultados deste estudo demonstraram a grande influência do fator “tempo de recuperação após o AVE” na recuperação funcional desses sujeitos.

CONCLUSÃO

Portanto, baseando-se nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que indivíduos adultos que sofreram um acidente vascular encefálico e que apresentam hemiparesia espástica têm

alterações significantes nos parâmetros espaço-temporais da marcha quando comparados com sujeitos saudáveis. O desempenho dos indivíduos deste estudo também foi muito inferior, nos cinco parâmetros avaliados, quando comparado ao de adultos pós-AVE de outros estudos. Esses resultados, que possivelmente ocorreram devido ao curto período entre o AVE e a avaliação, sugerem baixos níveis de desempenho funcional e aumento no risco de quedas.

A utilização de métodos biomecânicos precisos para a quantificação das alterações da marcha de indivíduos hemiparéticos pós-AVE terão implicações na qualidade de vida desses pacientes, uma vez que possibilita ações preventivas, assistenciais e de reabilitação direcionadas às suas reais necessidades. As abordagens terapêuticas individualizadas tendem a ser mais efetivas, potencializando os resultados funcionais e, conseqüentemente, diminuindo o risco de quedas desses indivíduos.

REFERÊNCIAS

1. Bensenor IM, Goulart AC, Szwarcwald CL, Vieira ML, Malta DC, Lotufo PA. Prevalence of stroke and associated disability in Brazil: National Health Survey- 2013. *Arq Neuropsiquiatr.* 2015; 73(1): 746-50.
2. Naghavi M, Marczak LB, Kutz M, Shackelford KA, Arora M, Miller-Petrie M, et al. Global mortality from firearms, 1990-2016. *Jama.* 2018; 320(8):792-814.

3. GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019; 18:439-58.
4. Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, et al. Heart disease and stroke statistics-2018 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2018; 137(12):e67-e492.
5. 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(1):1-20.
6. Jung JH, Lee SW. Immediate effects of single-leg stance exercise on dynamic balance, weight bearing and gait cycle in stroke patients. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2014; 3(1):49-54.
7. Dierick F, Dehas M, Isambert JL, Injeyan S, Bouche AF, Bleyenheuft Y, et al. Hemorrhagic versus ischemic stroke: Who can best benefit from blended conventional physiotherapy with robotic-assisted gait therapy? *PLoS One.* 2017; 12(6):e0178636.
8. Andrenelli E, Ippoliti E, Coccia M, Millevolte M, Cicconi B, Latini L, et al. Features and predictors of activity limitations and participation restriction 2 years after intensive rehabilitation following first-ever stroke. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2015; 51(1):575-85.
9. Maranesi E, Riccardi GR, Di Donna V, Di Rosa M, Fabbietti P, Luzi R, et al. Effectiveness of intervention based on end-effector gait trainer in older patients with stroke: A systematic review. *J Am Med Dir Assoc.* 2020; 21(8):1036-44.
10. Stanhope VA, Knarr BA, Reisman DS, Higginson JS. Frontal plane compensatory strategies associated with self-selected walking speed in individuals post-stroke. *Clin Biomech.* 2014; 29(5):518-22.
11. Sheffler LR, Chae J. Hemiparetic gait. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2015; 26(4):611-23.
12. Lee HH, Jung SH. Prediction of post-stroke falls by quantitative assessment of balance. *Ann Rehabil Med.* 2017; 41(3):339-46.
13. Tisserand R, Armand S, Allali G, Schnider A, Baillieux S. Cognitive-motor dual-task interference modulates mediolateral dynamic stability during gait in post-stroke individuals. *Hum Mov Sci.* 2018; 58(1):175-84.
14. Mansfield A, Wong JS, McIlroy WE, Biasin L, Brunton K, Bayley M. Do measures of reactive balance control predict falls in people with stroke returning to the community? *Physiotherapy.* 2015; 101(4):373-80.
15. Brown AW, Lee M, Lennon RJ, Niewczyk PM. Functional performance and discharge setting predict outcomes 3 months after rehabilitation hospitalization for stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020; 29(5):104746.
16. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Chorney LR, Cramer SC, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2016; 47(6):e98-e169.

17. Sánchez N, Finley J. Individual differences in locomotor function predict the capacity to reduce asymmetry and modify the energetic cost of walking poststroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2018; 32(8):701-13.
18. Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, Narielwalla K. The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006; 87(4):554-61.
19. Punt M, Bruijn SM, van Schooten KS, Pijnappels M, van de Port IG, Wittink H, et al. Characteristics of daily life gait in fall and non fall-prone stroke survivors and controls. *J Neuroeng Rehabil*. 2016; 13(1):1-7.
20. Fotiadou S, Aggeloussis N, Gourgoulis V, Malliou P, Papanas N, Giannakou E, et al. Reproducibility of gait kinematics and kinetics in chronic stroke patients. *NeuroRehabilitation*. 2018; 42(1):53-61.
21. Geiger M, Supiot A, Pradon D, Do MC, Zory R, Roche N. Minimal detectable change of kinematic and spatiotemporal parameters in patients with chronic stroke across three sessions of gait analysis. *Human Mov Sci*. 2019; 64(1):101-7.
22. Laroche D, Duval A, Morisset C, Beis JN, D'athis P, Maillefert JF, et al. Test-retest reliability of 3D kinematic gait variables in hip osteoarthritis patients. *Osteoart Cart*. 2011; 19(2):194-9.
23. Callegari-Jacques SM. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed; 2003.
24. Pollock A, St George B, Fenton M, Firkins L. Top 10 research priorities relating to life after stroke--consensus from stroke survivors, caregivers, and health professionals. *Int J Stroke*. 2014; 9(3):313-20.
25. Molteni F, Gasperini G, Cannaviello G, Guanziroli E. Exoskeleton and end-effector for upper and lower limbs rehabilitation: Narrative review. *PM&R*. 2018; 10(9):S174-88.
26. Hioka A, Tada Y, Kitazato K, Akazawa N, Takagi Y, Nagahiro S. Action observation treatment improves gait ability in subacute to convalescent stroke patients. *J Clin Neurosci*. 2020; 75(1):55-61.
27. Wonsetler EC, Bowden MG. A systematic review of mechanisms of gait speed change post-stroke. Part 1: spatiotemporal parameters and asymmetry ratios. *Top Stroke Rehabil*. 2017; 24(6):435-46.
28. Wren TA, Tucker CA, Rethlefsen SA, Gorton III GE, Ōunpuu S. Clinical efficacy of instrumented gait analysis: Systematic review 2020 update. *Gait Posture*. 2020; 80(1):274-9.
29. Kao PC, Dingwell JB, Higginson JS, Binder-Macleod S. Dynamic instability during post-stroke hemiparetic walking. *Gait Posture*. 2014; 40(3):457-63.
30. Gama GL, Celestino ML, Barela JA, Barela AM. Gait initiation and partial body weight unloading for functional improvement in post-stroke individuals. *Gait Posture*. 2019; 68(1):305-10.
31. Schinkel-Ivy A, Wong JS, Mansfield A. Balance confidence is related to features of balance and gait in

- individuals with chronic stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2017; 26(2):237-45.
32. Bowden MG, Balasubramanian CK, Behrman AL, Kautz SA. Validation of a speed-based classification system using quantitative measures of walking performance poststroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008; 22(6):672-5.
33. Hak L, Houdijk H, van der Wurff P, Prins MR, Beek MJ, van Dieen JH. Stride frequency and length adjustment in post-stroke individuals: influence on the margins of stability. *J Rehabil Med.* 2015; 47(2):126-32.
34. Wonsetler, EC, Bowden MG. A systematic review of mechanisms of gait speed change post-stroke. Part 2: exercise capacity, muscle activation, kinetics, and kinematics. *Top Stroke Rehabil.* 2017; 24(5):394-403.
35. Fulk GD, He Y, Boyne P, Dunning K. Predicting home and community walking activity poststroke. *Stroke.* 2017; 48(2):406-11.
36. Boudarham J, Roche N, Pradon D, Bonnyaud C, Bensmail D, Zory R. Variations in kinematics during clinical gait analysis in stroke patients. *PloS One.* 2013; 8(6):e66421.
37. Curuk E, Goyal N, Aruin AS. The effect of motor and cognitive tasks on gait in people with stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019; 28(11):104330.
38. Wang Y, Mukaino M, Ohtsuka K, Otaka Y, Tanikawa H, Matsuda F, et al. Gait characteristics of post-stroke hemiparetic patients with different walking speeds. *International journal of rehabilitation research. Int J Rehabil Res.* 2020; 43(1):69-75.
39. Hendrickson J, Patterson KK, Inness EL, McIlroy WE, Mansfield A. Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke. *Gait Posture.* 2014; 39(1):177-81.
40. Vachranukunkiet T, Esquenazi A. Pathophysiology of gait disturbance in neurologic disorders and clinical presentations. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2013; 24(2):233-46.
41. Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke. *PM&R.* 2014; 6(7):635-42.
42. Doi T, Nakakubo S, Tsutsumimoto K, Kurita S, Ishii H, Shimada H. Spatiotemporal gait characteristics and risk of mortality in community-dwelling older adults. *Maturitas.* 2021; 151(1):31-5.
43. Verma R, Arya KN, Sharma P, Garg RK. Understanding gait control in post-stroke: implications for management. *J Bodyw Mov Ther.* 2012; 16(1):14-21.
44. Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin.* 2015; 45(4-5):335-55.