

Artigo Original

Análise cinemática da marcha de pacientes com amputação transfemoral e transtibial protetizados**Kinematic analysis of the gait of patients with transfemoral and transtibial amputation prosthesis** <http://dx.doi.org/10.18316/sdh.v10i3.9450>

Michele Balardin¹ ORCID: 0000-0001-6964-0717, Sabrina da Silva Magnabosco¹ ORCID 0000-0003-3846-9560, Leandro Viçosa Bonetti¹ ORCID 0000-0001-8580-8567, Patrícia Regina R. Pereira Zatta¹ 0000-0002-7393-4088, Dannielle Cristina S. Bernadon¹ ORCID 0000-0002-3011-4880, Raquel Saccani^{1*} ORCID 0000-0002-6475-3883

RESUMO

Objetivo: Analisar a cinemática linear da marcha de amputados transtibiais e transfemorais protetizados. **Materiais e Métodos:** Amostra composta por 30 participantes, com idade superior a 20 anos, divididos em três grupos (Grupo TT: Indivíduos com amputação transtibial; Grupo TF: Indivíduos com amputação transfemoral; Grupo C: Indivíduos hígidos). A avaliação da marcha foi realizada por um sistema de cinemetria dotado de sete câmeras integradas. As variáveis cinemáticas lineares analisadas foram velocidade, cadência, tempo da passada, tempo de apoio simples, tempo de apoio duplo, comprimento da passada e largura da passada. Foi utilizada estatística descritiva, teste t independente, ANOVA com Post Hoc de Tukey e o teste Qui-quadrado de Pearson ($\leq 0,05$). **Resultados:** Comparando os três grupos, houve diferença estatisticamente significativa nas variáveis velocidade ($p < 0,001$), cadência ($p = 0,04$), tempo da passada ($p < 0,001$), tempo de apoio duplo ($p = 0,04$) e comprimento da passada ($p = 0,04$). Os grupos GTT e GTF foram mais lentos, quando comparadas ao GC. Contudo, os indivíduos do GTF apresentaram pior desempenho. **Conclusões:** conclui-se que há diferença na cinemática linear da marcha entre os amputados e os hígidos, e quanto mais alto o nível de amputação, maiores são os déficits na marcha.

Palavras-chave: Análise da marcha, amputação, extremidade inferior.

1 Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, Brasil.

ABSTRACT

Objective: to analyze linear kinematics of gait in transtibial and transfemoral amputees' prosthethized patients. **Material and Methods:** Sample consisted 30 participants, aged over 20 years, divided into three groups (Group TT: individuals with transtibial amputation; Group TF: individuals with transfemoral amputation; Group C: healthy individuals). The gait assessment was performed for one kinemetry system equipped with seven integrated cameras. The linear kinematic variables analyzed were velocity, cadence, stride time, single support time, double support time, stride length and stride width. Descriptive statistics, independent t-test, ANOVA with Tukey's Post Hoc and Pearson's chi-square test (<0.05) were used for data analysis. **Results:** When comparing the three groups, there was a statistically significant difference in the variables velocity ($p<0.00$), cadence ($p<0.04$), stride time ($p<0.00$), double support time ($p <0.04$) and stride length ($p<0.04$). The GTT and GTF groups were slower, when compared to the CG. However, that individuals from GTF had worse performance. **Conclusions:** it is concluded that there is a difference in linear kinematics of gait between amputees and healthy individuals and at the higher level of amputation, greater the gait deficits.

Keywords: Gait analysis, amputation, lower extremity.

INTRODUÇÃO

Em uma amputação, seja ela transtibial ou transfemoral, alterações funcionais são comuns¹⁻². A marcha está incluída neste grupo de alterações e está relacionada, majoritariamente, com as alterações biomecânicas e com a perda de feedbacks sensoriais¹⁻³. Os prejuízos supracitados contribuem para a redução da participação na sociedade por inseguranças durante a deambulação e medo de quedas⁴.

A marcha após a protetização é realizada com piora da cinemática, com diferença entre o comprimento dos passos, redução da velocidade e compensações com o membro contralateral². Essas alterações, somadas a possíveis instabilidades da prótese, são frequentemente observadas nos pacientes amputados em fase de reabilitação¹⁻⁶. Ainda, são comuns as assimetrias e o aumento do consumo energético dispensado para a locomoção⁵⁻⁶, o que impacta no aumento do sedentarismo nesta população^{4,7}.

Durante e após o processo de reabilitação, o uso de uma prótese influencia na deambulação, no bem-estar e na qualidade de vida, estando associado com a percepção de uma recuperação funcional bem-sucedida⁸⁻⁹. Por isso, destaca-se a necessidade de conhecer as alterações na marcha provocadas pelas amputações e como elas implicam na funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes. Sob esse aspecto, a análise visual da marcha, feita apenas pelo olhar do avaliador, é considerada subjetiva e com alta probabilidade de erro devido às diferentes percepções de cada avaliador¹⁰. Já a avaliação laboratorial, embora menos frequente, permite a obtenção de resultados robustos e confiáveis para serem utilizados na clínica e na pesquisa.

Por isso, embora alguns estudos já descrevam diferenças na marcha de indivíduos protetizados^{1-6,11}, a maioria utiliza instrumentos menos precisos, em amostras pequenas e com ausência de grupo controle. Portanto, sabendo da escassez de estudos utilizando a análise laboratorial da marcha de pacientes amputados; da restrição de pesquisas comparando os diferentes níveis de amputação; e da importância dessas avaliações para o processo de reabilitação dos pacientes, o presente estudo teve como objetivo analisar a cinemática linear da marcha de indivíduos amputados transtibiais e transfemorais protetizados, buscando responder se existe diferença entre os níveis comparado à normalidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se caracteriza como observacional, analítica, transversal¹², aprovado pelo COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (n° 3.114515), considerando a resolução 466/12 que prevê as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas com seres humanos.

A amostra da pesquisa foi composta por 30 participantes com idade superior a 20 anos, cadastrados no Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul (CECLIN-UCS). Esses pacientes foram subdivididos em três grupos: Grupo TT (GTT): Indivíduos com amputação transtibial; Grupo TF (GTF): Indivíduos com amputação transfemoral; Grupo C (GC): Indivíduos hígidos. Os participantes foram selecionados de forma intencional e não probabilística, considerando pareamento por idade.

Fizeram parte dos critérios de inclusão: a) pacientes cadastrados no CECLIN-UCS; b) pacientes que estavam em processo de alta da reabilitação; c) pacientes que deambulavam de forma independente; d) pacientes que faziam uso das próteses disponibilizadas pelo CECLIN-UCS; e) pacientes que aceitaram participar da pesquisa a partir da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Entre os critérios de exclusão estabelecidos para a participação da coleta de dados estavam: a) pacientes adolescentes; b) pacientes com alterações cognitivas e musculoesqueléticas que impediram a resposta aos questionários e a realização da marcha de forma independente; c) pacientes com instabilidades cardiovasculares; d) pacientes que estavam com quadros algícos presentes; e) pacientes que estavam com a prótese instável; f) pacientes que não finalizam a coleta no laboratório de marcha.

Os instrumentos utilizados para coleta de dados na presente pesquisa foram um questionário de identificação dos participantes e o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ). O questionário de identificação dos participantes, criado pelas autoras, contém questões relacionadas à identificação do paciente, como nome completo, idade, data de nascimento, gênero, presença de doenças associadas, uso de medicamentos, peso e altura, etiologia da amputação (traumática ou atraumática), nível da amputação (transfemoral ou transtibial), tempo de amputação e tempo de uso da prótese. Além disso, foi utilizado uma balança digital (Geratherm®) e uma fita métrica, para mensuração do peso e altura. O IPAQ é um questionário aplicado para obter o índice de atividade física de indivíduos entre 18 e 65 anos¹³. A versão longa do instrumento é composta por 27 questões, dividida em cinco domínios, onde quatro domínios são referentes à atividade física, registrando o número de dias ou o tempo dispensado na realização da atividade física, e especificando se esta foi moderada ou vigorosa, e um domínio relacionado à avaliação de um possível comportamento sedentário¹³⁻¹⁴.

A análise de marcha foi realizada no Laboratório de Análise Biomecânica do Movimento Humano do CECLIN, localizado no Bloco 70, da Universidade de Caxias do Sul. O mesmo contém um sistema e protocolo para captação de dados cinemáticos e cinéticos da marcha. 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, UK*). Os dados cinemáticos foram coletados em uma taxa de amostragem de 100Hz.

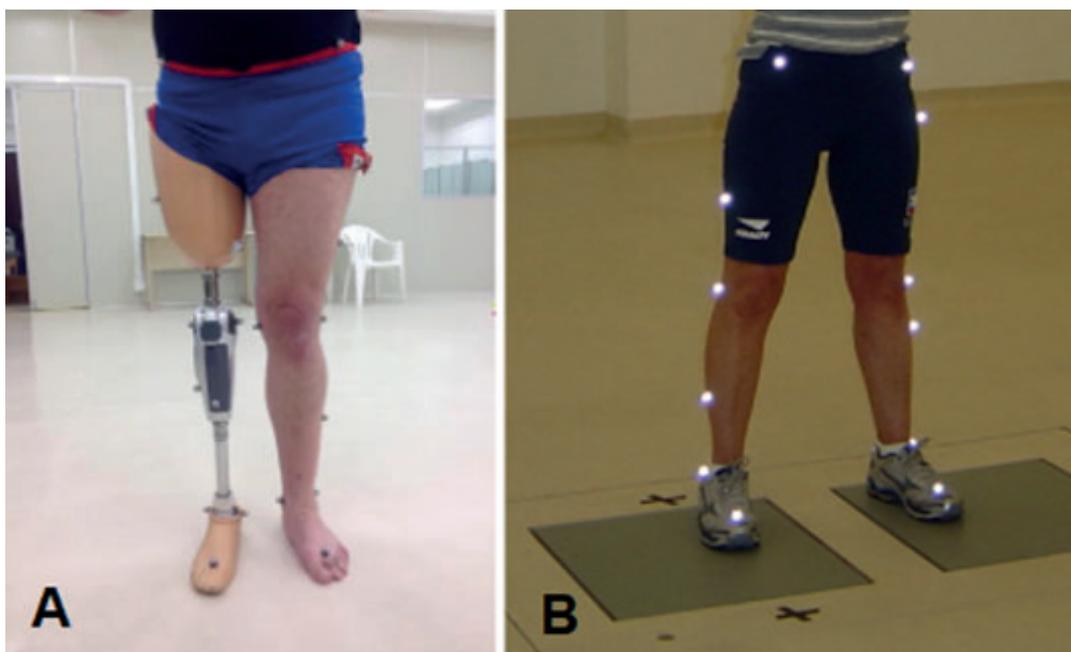
Para a coleta de dados, inicialmente entrou-se em contato com o Centro Clínico de Reabilitação da UCS para análise dos cadastros dos pacientes. Posteriormente foi realizado o levantamento de dados dos possíveis participantes, respeitando os critérios de inclusão e exclusão. Após, foi entrado em contato por telefone com os pacientes, convidando-os a participar da pesquisa. Os pacientes que aceitaram, na data e horário agendado, foram conduzidos ao laboratório de análise da marcha, no 2º andar do Bloco 70.

Ao chegarem ao laboratório, foi explicado os procedimentos a serem realizados, solucionado as dúvidas do participante, e na sequência, entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Então, foram mensurados peso e altura, e foi iniciada a aplicação do questionário de identificação e do IPAQ. Em todos os questionários, uma das pesquisadoras leu as perguntas diretamente ao participante, e marcou as respostas dadas pelo mesmo. Na sequência, os participantes foram encaminhados para a avaliação da marcha.

Para adaptação do participante ao protocolo de avaliação de marcha, primeiramente foi solicitado ao sujeito que caminhasse oito metros em linha reta na velocidade auto selecionada no local destinado à coleta de marcha no laboratório. O sujeito memorizou o número de passos e o ritmo necessário para ser capaz de realizar o contato com a plataforma, ora com o pé direito inteiro, ora com o pé esquerdo inteiro.

Após a familiarização, foram fixados marcadores reflexivos nos seguintes pontos anatômicos específicos: espinhas ilíacas anterossuperiores, espinhas ilíacas póstero-superiores, porções médio-lateral dos fêmures, porções médio-lateral dos joelhos, porções médio-lateral das tíbias, maléolo lateral dos tornozelos, porções centro-posterior dos calcâneos e face dorsal dos segundos metatarsos (Figura 1).

Figura 1. Ilustração dos marcadores reflexivos nos pontos anatômicos.



Legenda: Figura A: Fixação dos marcadores reflexivos em vista anterior em indivíduo amputado. Figura B: Fixação dos marcadores reflexivos em vista anterior em indivíduo saudável.

Fonte: Os autores.

O protocolo de marcha consistiu em realizar passos sobre a plataforma, sendo que em todas as tentativas o sujeito realizou o mesmo percurso da sessão da familiarização. Tentativas foram realizadas até que oito passos foram capturados integralmente¹⁵. O técnico do laboratório foi o responsável pelo posicionamento dos marcadores para avaliação, bem como pelo registro das variáveis angulares e lineares da marcha. As variáveis cinemáticas lineares analisadas foram: a) Espaciais - comprimento da passada, largura da passada; b) Temporais - tempo da passada, cadência, tempo de apoio duplo e tempo de apoio simples; c) Espaço Temporais - velocidade.

Os dados coletados foram analisados através do programa estatístico SPSS 17.0 (*Statistical Package to Social Sciences for Windows*). 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 foram utilizados o teste t independente, o teste ANOVA com Post Hoc de Tukey. Para as associações foi utilizado o teste Qui-quadrado de Pearson. Como critério de decisão, foi considerado $p \leq 0,05$ ¹⁶.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características dos participantes e seus níveis de atividade física. A amostra foi composta, majoritariamente, por indivíduos do sexo masculino, e os participantes dos três

grupos obtiveram média das variáveis de categorização semelhantes, exceto para altura, onde o GC mostrou ter menor estatura. Referente aos anos de amputação e protetização não houve diferença significativa entre os grupos. Em relação ao IPAQ, observou-se que nos participantes do GTT prevaleceu o sedentarismo, no GTF prevaleceram os indivíduos irregularmente ativos A e ativos, e no GC predominaram indivíduos irregularmente ativos A. Conforme a tabela, a causa mais frequente de amputação do GTT foi traumática e no GTF vascular.

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Características	GC (n=10)	GTT (n=10)	GTF (n=10)	Valor p
	Média (DP)			
Idade (anos)	48,10 (16,24)	48,50 (16,99)	49,60 (8,89)	0,97 †
Peso (Kg)	80,50 (15,61)	89,70 (12,43)	84,29 (13,11)	0,34 †
Altura (m)	1,65 (0,08)	1,73 (0,04)	1,73 (0,08)	0,03 * †
IMC (Kg/m²)	29,23 (4,26)	29,97 (3,58)	28,29 (6,31)	0,74 †
Anos de Amputação	-	4,60 (4,06)	6,07 (5,81)	0,52 ‡
Anos de Protetização	-	3,11 (3,74)	3,46 (3,09)	0,82 ‡
Frequência (%)				
Sexo				-
<i>Masculino</i>	9 (90)	10 (100)	9 (90)	
<i>Feminino</i>	1 (10)	-	1 (10)	
IPAQ				0,09 §
<i>Sedentário</i>	1 (10)	5 (50)	-	
<i>Irregularmente Ativo B</i>	2 (20)	-	1 (10)	
<i>Irregularmente Ativo A</i>	3 (30)	3 (30)	4 (40)	
<i>Regularmente Ativo</i>	2 (20)	-	-	
<i>Ativo</i>	1 (10)	2 (20)	4 (40)	
<i>Muito Ativo</i>	1 (10)	-	1 (10)	
Causa				-
<i>Vascular</i>	-	4 (40)	6 (60)	
<i>Traumática</i>	-	5 (50)	3 (30)	
<i>Infeciosa</i>	-	1 (10)	-	
<i>Sem Resposta</i>	-	-	1 (10)	

Legenda: GTT: indivíduos com amputação transtibial; GTF: indivíduos com amputação transfemoral; GC: indivíduos hígidos; DP: Desvio Padrão; Kg: quilograma; m: metros; IMC: Índice de Massa Corporal; Kg/m²: quilograma por metro quadrado; %: porcentagem; *: $p \leq 0,05$.

Nota: ANOVA (†); Teste t independente (‡); Qui-quadrado (§).

Na tabela 2 estão descritas as comparações das variáveis cinemáticas da marcha. Foi observado diferença estatisticamente significativa, entre os grupos, nas variáveis velocidade, cadência, tempo da passada, tempo de apoio duplo e comprimento da passada. Os grupos GTT e GTF foram mais lentos, uma vez que as variáveis velocidade, cadência e comprimento da passada mostraram-se reduzidas e o tempo da passada aumentado, quando comparadas ao GC. Contudo, percebe-se que os indivíduos do GTF apresentaram pior desempenho.

Tabela 2. Comparação das variáveis cinemáticas da marcha de pacientes amputados protetizados e grupo controle.

Variáveis Cinemáticas	GC	GTT	GTF	Valor p
	Média (DP)			
Espaço-temporal				
<i>Velocidade (m/s)</i>	1,14 (0,19)	0,79 (0,25)	0,61 (0,19)	0,00*
Temporal				
<i>Cadência (passos/s)</i>	1,85 (0,16)	1,44 (0,36)	1,33 (0,62)	0,04*
<i>Tempo da passada (s)</i>	1,08 (0,10)	1,28 (0,24)	1,41 (0,38)	0,04*
<i>Tempo Apoio Simples (s)</i>	0,42 (0,03)	0,46 (0,72)	0,46 (0,18)	0,64
<i>Tempo Apoio Duplo (s)</i>	0,23 (0,05)	0,33 (0,19)	0,57 (0,08)	0,00*
Espaciais				
<i>Comprimento da passada (m)</i>	1,23 (0,14)	1,03 (0,26)	0,95 (0,29)	0,04*
<i>Largura da passada (m)</i>	0,17 (0,05)	0,21 (0,06)	0,21 (0,07)	0,35

Legenda: GTT: indivíduos com amputação transtibial; GTF: indivíduos com amputação transfemoral; GC: indivíduos hígidos; DP: Desvio Padrão; m/s: metros por segundos; passos/s: passos por segundo; s: segundos; m: metros; *: $p \leq 0,05$.

Nota: ANOVA

Na tabela 3 é possível observar os resultados obtidos na comparação isolada de um grupo com o outro. Na comparação entre GTT e GTF observou diferença significativa apenas no tempo de duplo apoio. Comparando o GTT e GC percebe-se diferença estatisticamente significativa na variável velocidade, e entre o GTF e GC houve diferença significativa nas variáveis velocidade, tempo da passada e tempo de apoio duplo.

Tabela 3. Comparações entre grupos.

Variáveis Cinemáticas	GTT x GTF	GTT X GC	GTF X GC
	Valor p		
Espaço-temporal			
<i>Velocidade (m/s)</i>	0,17	0,00*	0,00*
Temporal			
<i>Cadência (passos/s)</i>	0,97	0,09	0,06
<i>Tempo da passada (s)</i>	0,52	0,24	0,02*
<i>Tempo Apoio Simples (s)</i>	0,99	0,70	0,68
<i>Tempo Apoio Duplo (s)</i>	0,00*	0,16	0,00*
Espaciais			
<i>Comprimento da passada (m)</i>	0,73	0,16	0,37
<i>Largura do passada (m)</i>	0,99	0,40	0,44

Legenda: GTT: indivíduos com amputação transtibial; GTF: indivíduos com amputação transfemoral; GC: indivíduos hígidos; m/s: metros por segundos; passos/s: passos por segundo; s: segundos; m: metros; *: $p \leq 0,05$.

Nota: Post Hoc de Tukey.

DISCUSSÃO

As alterações na cinemática da marcha de pacientes amputados estão descritas em pesquisas prévias^{1-3,5,7,17-21,24-28}. No presente estudo, os resultados demonstraram que houve diferença estatisticamente significativa em todas as variáveis da marcha analisadas, com exceção do tempo de apoio simples e largura da passada, sendo que os participantes do grupo transfemoral foram os que apresentaram o pior desempenho.

No que diz respeito a velocidade, observou-se que há diferença significativa entre os grupos de amputados transtibiais e transfemorais comparados com o grupo controle, além dos indivíduos de nível transfemoral apresentarem padrão de marcha mais lento. Estudos prévios indicam a redução da velocidade da marcha em pacientes amputados^{18,19}. Corroborando com os achados da presente pesquisa, o estudo que comparou amputados com indivíduos hígidos, também indicou que a velocidade da caminhada é menor em indivíduos amputados¹⁸. Highsmith MJ *et al.*¹⁹, ao considerar a diferença entre os níveis de amputação, sendo sete amputados transtibiais e oito amputados transfemorais, também demonstraram que ao avaliar os valores espaço-temporais da marcha, os amputados de nível transfemoral realizaram a marcha com menor velocidade e mais assimetrias do que os amputados de nível transtibial.

A velocidade da caminhada é um importante indicador da capacidade funcional, deambulação comunitária e equilíbrio^{4,23}, portanto, a redução da velocidade, indicada no presente estudo, reflete que os indivíduos amputados diminuem a velocidade da marcha como estratégia para permanecerem mais estáveis durante seu deslocamento. Uma marcha mais lenta acarreta na alteração das demais variáveis da marcha, provocando redução principalmente da cadência e do comprimento da passada²⁴.

Considerando as variáveis temporais, os amputados deste estudo apresentaram maior tempo da passada e menor cadência, além do maior tempo em duplo apoio, sendo que o GTF foi pior em todas essas variáveis. O aumento do tempo da passada pode ser reflexo de uma fase de balanço mais prolongada ocasionada pela insegurança e instabilidades durante a marcha⁷. Em relação a variável cadência, Heitzmann *et al.*²⁰, também observaram diminuição significativa ao analisar as variáveis temporais de 12 indivíduos amputados de nível transfemoral. De acordo com Beisheim *et al.*²⁴, valores mais baixos de cadência podem ser atribuídos a atividades ocupacionais ou recreativas menos exigentes e até mesmo ser secundário ao sedentarismo.

Já sobre o apoio duplo e apoio simples, destaca-se a diferença significativa entre os grupos no tempo em apoio duplo, o que é um forte indicativo de instabilidade dos amputados durante a deambulação. Isso pode ser justificado pela fase de balanço que promove maior desequilíbrio e o aumento do tempo com apoio de ambos os pés restabelece a estabilidade. Ao realizar um estudo com o objetivo de identificar os padrões cinemáticos e cinéticos da marcha e medir o consumo de energia em pessoas com amputação transfemoral e transtibial, Verrecchia *et al.*⁵ observaram que os pacientes amputados permanecem mais tempo em apoio duplo, para manterem um padrão mais estável durante a marcha. Além disso, os mesmos autores também encontraram desempenho inferior dos participantes com amputação transfemoral⁵, corroborando com os achados deste estudo.

Referente ao apoio simples, observou-se que a proporção tempo de apoio simples para apoio duplo foi menor nos participantes amputados. Mesmo esta variável não apresentando valores estatisticamente significativos, outras pesquisas citam que a fase de apoio no membro protético é mais curta²¹, refletindo no maior tempo em apoio duplo e a perda dos mecanismos de feedback sensorial no membro protetizado¹ pode ser uma das explicações.

Tendo em vista as variáveis espaciais, apenas o comprimento da passada mostrou-se significativo na comparação entre todos os grupos, enfatizando que o GTF apresentou pior desempenho. A passada mais curta está relacionada a redução da velocidade e cadência^{24,25}, citadas anteriormente, e corroboram com os resultados de Kelicek *et al.*², onde na avaliação de 11 indivíduos transfemorais, 14 transtibiais e 14 indivíduos controles, os amputados apresentaram assimetrias da marcha, dentre elas no comprimento da passada, sendo que no grupo de amputados transfemorais as alterações foram

mais notórias. Análogo a esse estudo, Houdijk *et al.*²², descrevem que a redução da força do impulso do tornozelo protético ocasiona alterações na projeção do centro de massa e como forma de manutenção da estabilidade os amputados reduzem o comprimento do passo.

No que se refere a largura da passada, mesmo sem diferença significativa, ambos os grupos mostraram necessitar de maior base de apoio em relação ao grupo de indivíduos sem amputação. Compreende-se que a fase de balanço leva a maior desequilíbrio, e para manterem a estabilidade os mesmos aumentam o tempo em apoio duplo e tendem a aumentar também a base da passada^{1,5}.

Cabe ressaltar ainda que ao considerar a caracterização amostral, embora a amostra tenha demonstrado homogeneidade na maioria das características, o GC demonstrou ter estatura inferior aos pacientes amputados. A altura vem sendo citada como uma variável que possivelmente interfere na marcha, devido ao fato de promover piora progressiva do desequilíbrio anteroposterior com a caminhada²³. Assim sendo, apesar do fato de que pacientes com níveis maiores de amputação demonstram pior desempenho na marcha^{2,5,7,20}, a menor estatura do CG pode ter favorecido sua performance na avaliação.

Em relação ao nível de atividade física, não houve uma diferença estatisticamente significativa em nosso estudo, contudo os indivíduos do GTT mostraram-se mais sedentários que o GTF, diferente do esperado. Entretanto, pesquisas anteriores afirmam que os indivíduos com amputação transfemoral relataram pior função física e participação social quando comparados aos amputados transtibiais²⁷. Associado a isso, Miller *et al.*²⁸ afirmam que mesmo com a realização das intervenções de reabilitação, as práticas de atividades em amputados transfemorais ainda permanecem reduzidas após a amputação.

Apesar de ambos os grupos de amputados apresentarem diferenças significativas nas variáveis da marcha em relação ao grupo controle, os resultados do presente estudo demonstraram que o nível de amputação interferiu significativamente, sendo que os pacientes com níveis de amputação mais proximais apresentaram os piores resultados. Verrecchia *et al.*⁵ ainda apresentou em seu estudo que a marcha em pessoas com amputação transfemoral foi mais assimétrica do que em pessoas com amputação transtibial, com passos mais largos e de maior duração em comparação a pessoas com amputação transtibial. De forma semelhante, Keklicek *et al.*², enfatizam que a marcha dos amputados transfemorais, em relação ao grupo controle e transtibiais, possui mais alterações no comprimento dos passos e no período de apoio único. Tem-se, portanto, o aumento dos prejuízos na marcha conforme o nível de amputação aumenta.

O presente estudo demonstrou que a amputação, independentemente do nível, provoca alterações na cinemática da marcha, principalmente na velocidade, cadência, comprimento da passada e tempo em apoio duplo. Ainda, observou-se que quanto maior é o nível da amputação, maiores também são os comprometimentos na marcha. Pode ser citado como limitação o número amostral reduzido em cada grupo, que pode ter interferido na significância de algumas variáveis. Os resultados encontrados, poderão ser utilizados na prática clínica, direcionando condutas. Sugere-se ainda, que novos estudos sejam desenvolvidos, utilizando análise laboratorial da marcha e com um número amostral maior.

Contribuição dos Autores

MB: concepção e planejamento; aquisição de dados, análise e interpretação de dados; redação e elaboração do manuscrito; revisão intelectual crítica deste e aprovação da versão final a ser publicada.

SSM: concepção e planejamento; aquisição de dados, análise e interpretação de dados; redação e elaboração do manuscrito; revisão intelectual crítica deste e aprovação da versão final a ser publicada.

LVB: concepção e planejamento; aquisição de dados, análise e interpretação de dados; redação e elaboração do manuscrito; revisão intelectual crítica deste e aprovação da versão final a ser publicada.

PRRPZ: concepção e planejamento; aquisição de dados, análise e interpretação de dados; redação e elaboração do manuscrito; revisão intelectual crítica deste e aprovação da versão final a ser publicada.

DCSB: concepção e planejamento; aquisição de dados, análise e interpretação de dados; redação e elaboração do manuscrito; revisão intelectual crítica deste e aprovação da versão final a ser publicada.

RS: concepção e planejamento; aquisição de dados, análise e interpretação de dados; redação e elaboração do manuscrito; revisão intelectual crítica deste e aprovação da versão final a ser publicada.

Conflito de Interesse

Os autores declaram não possuir conflito de interesse

REFERÊNCIAS

1. Sturk JA, Lemaire ED, Sinitski E, Dudek NL, Besemann M, Hebert JS, *et al.* Gait differences between K3 and K4 persons with transfemoral amputation across level and non-level walking conditions. *Prosthet Orthot Int.* 2018 Dec;42(6):626-635. doi: 10.1177/0309364618785724. Epub 2018 Jul 25. PMID: 30044178.
2. Keklicek H, Kirdi E, Yalcin A, Topuz S, Ulger O, Erbahceci F, *et al.* Comparison of gait variability and symmetry in trained individuals with transtibial and transfemoral limb loss. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019 Jan-Apr;27(1):2309499019832665. doi: 10.1177/2309499019832665. PMID: 30827168.
3. Kowal M, Paprocka Borowicz M, Starczewska A, Rutkowska-Kucharska A. Biomechanical Parameters of Gait after Unilateral Above-knee Amputation. *Current State of Research. Ortop Traumatol Rehabil.* 2018 Aug 30;20(4):245-256. doi: 10.5604/01.3001.0012.3355. PMID: 30648653.
4. Miller CA, Williams JE, Durham KL, Hom SC, Smith JL. The effect of a supervised community-based exercise program on balance, balance confidence, and gait in individuals with lower limb amputation. *Prosthet Orthot Int.* 2017 Oct;41(5):446-454. doi: 10.1177/0309364616683818. Epub 2017 Jan 9. PMID: 28067123.
5. Varrecchia T, Serrao M, Rinaldi M, Ranavolo A, Conforto S, De Marchis C, *et al.* Common and specific gait patterns in people with varying anatomical levels of lower limb amputation and different prosthetic components. *Hum Mov Sci.* 2019 Mar 16;66:9-21. doi: 10.1016/j.humov.2019.03.008. Epub ahead of print. PMID: 30889496.
6. Tatarelli A, Serrao M, Varrecchia T, Fiori L, Draicchio F, Silvetti A, *et al.* Global Muscle Coactivation of the Sound Limb in Gait of People with Transfemoral and Transtibial Amputation. *Sensors (Basel).* 2020 Apr 29;20(9):2543. doi: 10.3390/s20092543. PMID: 32365715; PMCID: PMC7249183.
7. Esquenazi A. Gait analysis in lower-limb amputation and prosthetic rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2014 Feb;25(1):153-67. doi: 10.1016/j.pmr.2013.09.006. PMID: 24287245.
8. Gozaydinoglu S, Hosbay Z, Durmaz H. Body image perception, compliance with a prosthesis and cognitive performance in transfemoral amputees. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019 May;53(3):221-225. doi: 10.1016/j.aott.2019.03.014. Epub 2019 Mar 29. PMID: 30967301; PMCID: PMC6599412.
9. Columbo JA, Davies L, Kang R, Barnes JA, Leinweber KA, Suckow BD, *et al.* Patient Experience of Recovery After Major Leg Amputation for Arterial Disease. *Vasc Endovascular Surg.* 2018 May;52(4):262-268. doi: 10.1177/1538574418761984. Epub 2018 Mar 1. PMID: 29495957.

10. Harradine P, Gates L, Bowen C. Real time non-instrumented clinical gait analysis as part of a clinical musculoskeletal assessment in the treatment of lower limb symptoms in adults: A systematic review. *Gait Posture*. 2018 May;62:135-139. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.03.012. Epub 2018 Mar 8. PMID: 29549867.
11. Bateni H, Olney SJ. Kinematic and kinetic variations of below-knee amputee gait. *JPO: J Prosthet Orthot*. 2002; 14(1): 2–10. doi: 10.107/00008526-200203000-00003.
12. Thomas JR, Nelson JK. Métodos de pesquisa em atividade física. 6º edição. 2012. Porto Alegre: Artmed.
13. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, *et al*. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 Aug;35(8):1381-95. doi: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB. PMID: 12900694.
14. Cleland C, Ferguson S, Ellis G, Hunter RF. Validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) for assessing moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behaviour of older adults in the United Kingdom. *BMC Med Res Methodol*. 2018 Dec 22;18(1):176. doi: 10.1186/s12874-018-0642-3. PMID: 30577770; PMCID: PMC6303992.
15. Laroche D, Duval A, Morisset C, Beis JN, d'Athis P, Maillefert JF, Ornetti P. Test-retest reliability of 3D kinematic gait variables in hip osteoarthritis patients. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011 Feb;19(2):194-9. doi: 10.1016/j.joca.2010.10.024. Epub 2010 Nov 5. PMID: 21056679.
16. Callegari-Jacques, SM. Bioestatística: princípios e aplicações. 3º edição. 2003. Porto Alegre: Artmed.
17. Harandi VJ, Ackland DC, Haddara R, Lizama LEC, Graf M, Galea MP, Lee PVS. Gait compensatory mechanisms in unilateral transfemoral amputees. *Med Eng Phys*. 2020 Mar;77:95-106. doi: 10.1016/j.medengphy.2019.11.006. Epub 2020 Jan 7. PMID: 31919013.
18. Lamoth CJ, Ainsworth E, Polomski W, Houdijk H. Variability and stability analysis of walking of transfemoral amputees. *Med Eng Phys*. 2010 Nov;32(9):1009-14. doi: 10.1016/j.medengphy.2010.07.001. Epub 2010 Aug 3. PMID: 20685147.
19. Highsmith MJ, Schulz BW, Hart-Hughes S, Latlief GA, Phillips SL. Differences in the Spatiotemporal Parameters of Transtibial and Transfemoral Amputee Gait. *JPO Journal of Prosthetics and Orthotics*. 2010 Jan; 22(1):26-30. doi: 10.1097/JPO.0b013e3181cc0e34.
20. Heitzmann DWW, Leboucher J, Block J, Günther M, Putz C, Götze M, *et al*. The influence of hip muscle strength on gait in individuals with a unilateral transfemoral amputation. *PLoS One*. 2020 Sep 2;15(9):e0238093. doi: 10.1371/journal.pone.0238093. PMID: 32877428; PMCID: PMC7467296.
21. Sagawa Y Jr, Turcot K, Armand S, Thevenon A, Vuillerme N, Watelain E. Biomechanics and physiological parameters during gait in lower-limb amputees: a systematic review. *Gait Posture*. 2011 Apr;33(4):511-26. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.02.003. Epub 2011 Mar 10. PMID: 21392998.
22. Houdijk H, Wezenberg D, Hak L, Cutti AG. Energy storing and return prosthetic feet improve step length symmetry while preserving margins of stability in persons with transtibial amputation. *J Neuroeng Rehabil*. 2018 Sep 5;15(Suppl 1):76. doi: 10.1186/s12984-018-0404-9. PMID: 30255807; PMCID: PMC6157252.
23. Kim J, Colabianchi N, Wensman J, Gates DH. Wearable Sensors Quantify Mobility in People With Lower Limb Amputation During Daily Life. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2020 Jun;28(6):1282-1291. doi: 10.1109/TNSRE.2020.2990824. Epub 2020 Apr 28. PMID: 32356753.
24. 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 Jun 27;8(1):153. doi: 10.1186/s13643-019-1063-z. PMID: 31248456; PMCID: PMC6595586.
25. Howard C, Wallace C, Stokic DS. Stride length-cadence relationship is disrupted in below-knee prosthesis users. *Gait Posture*. 2013 Sep;38(4):883-7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.04.008. Epub 2013 May 14. PMID: 23684100.

26. Beisheim EH, Arch ES, Horne JR, Sions JM. Performance-based outcome measures are associated with cadence variability during community ambulation among individuals with a transtibial amputation. *Prosthet Orthot Int.* 2020 Aug;44(4):215-224. doi: 10.1177/0309364620927608. Epub 2020 Jun 16. PMID: 32539665; PMCID: PMC7392798.
27. Amtmann D, Morgan SJ, Kim J, Hafner BJ. Health-related profiles of people with lower limb loss. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015 Aug;96(8):1474-83. doi: 10.1016/j.apmr.2015.03.024. Epub 2015 Apr 25. PMID: 25917819; PMCID: PMC4519362.
28. Miller MJ, Blankenship JM, Kline PW, Melanson EL, Christiansen CL. Patterns of Sitting, Standing, and Stepping After Lower Limb Amputation. *Phys Ther.* 2021 Feb 4;101(2):pzaa212. doi: 10.1093/ptj/pzaa212. PMID: 33336706; PMCID: PMC7921296.