

ANÁLISE CINEMÁTICA DA MARCHA DE PACIENTES COM AMPUTAÇÃO TRANSFEMORAL E TRANSTIBIAL PROTETIZADOS

KINEMATIC ANALYSIS OF THE GAIT OF PATIENTS WITH TRANSFEMORAL AND TRANSTIBIAL AMPUTATION PROSTHETIZED

Michele Balardin¹, Sabrina da Silva Magnabosco¹, Raquel Saccani²

¹ Graduação em Fisioterapia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).

² Graduação em Fisioterapia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Pós - Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Resumo

Objetivo: Analisar a cinemática linear da marcha de pacientes amputados transtibiais e transfemorais.

Métodos: pesquisa do tipo descritiva e observacional, realizada no laboratório de análise da marcha do Bloco 70 da Universidade de Caxias de Sul. Amostra composta por 30 participantes, com idade superior a 20 anos, divididos em 3 grupos pareados por idade (Grupo A: Indivíduos com amputação transtibial; Grupo B: Indivíduos com amputação transfemoral; Grupo C: Indivíduos hígidos). Para a avaliação da marcha foi utilizado um sistema de cinematria dotado de 7 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. Para análise dos dados foi utilizada estatística descritiva, teste t independente, o teste ANOVA com Post Hoc de Tukey, e o teste Qui-quadrado de Pearson ($\leq 0,05$).

Resultados: Na comparação entre os 3 grupos, houve diferença estatisticamente significativa nas variáveis velocidade ($p \leq 0,00$), cadência ($p \leq 0,04$), tempo da passada ($p \leq 0,00$), tempo de apoio duplo ($p \leq 0,04$) e comprimento da passada ($p \leq 0,04$). Entre transtibiais e transfemorais houve diferença significativa no tempo de apoio duplo ($p \leq 0,00$). Entre transtibiais e controles houve diferença na variável velocidade ($p \leq 0,00$).

e entre indivíduos transfemorais e controles, nas variáveis velocidade ($p \leq 0,00$), tempo da passada ($p \leq 0,02$) e tempo de apoio duplo ($p \leq 0,00$).

Conclusões: conclui-se que há diferença na cinemática linear da marcha entre os amputados e o grupo controle, e quanto mais alto o nível de amputação, maiores são os déficits na marcha.

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

Abstract

Objective: To analyze the linear kinematics of gait in transtibial and transfemoral amputees.

Methods: Descriptive and observational research, carried out in the gait analysis laboratory of Block 70 of the University of Caxias de Sul. Sample consisting of 30 patients, aged over 20 years, divided into 3 age-matched groups (Group A: Individuals with transtibial amputation; Group B: Individuals with transfemoral amputation; Group C: healthy individuals). For gait assessment, a kinometry system with 7 integrated cameras was used. The linear kinematic variables analyzed were speed, cadence, stride time, single support time, double support time, stride length and stride width. For data analysis, descriptive statistics, independent t test, ANOVA test with Tukey's Post Hoc, and Pearson's chi-square test (≤ 0.05) were used.

Results: When comparing the 3 groups, there was a statistically significant difference in the variables speed ($p \leq 0.00$), cadence ($p \leq 0.04$), stride time ($p \leq 0.00$), double support time ($p \leq 0.04$) and stride length ($p \leq 0.04$). Between transtibial and transfemoral there was a significant difference in the time of double support ($p \leq 0.00$). There was a difference between transtibial and controls in the variable speed ($p \leq 0.00$) and between transfemoral individuals and controls, in the variables speed ($p \leq 0.00$), stride time ($p \leq 0.02$) and double stance time ($p \leq 0.00$).

Conclusion: It is concluded that there is a difference in linear kinematics of gait between amputees and the control group, and the higher the amputation level, the greater the gait deficits.

Keywords: Gait analysis, amputation, lower extremity.

Introdução

Em uma amputação, seja ela transtibial ou transfemoral, alterações funcionais serão comuns aos pacientes^{1, 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, como 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 locomoção^{5, 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-sucedida^{8, 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, 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, buscando responder se existe diferença entre os níveis comparado à normalidade.

Métodos

A presente pesquisa se caracteriza como descritiva e observacional, de caráter comparativo e abordagem transversal¹¹, aprovado pelo comitê de ética e pesquisa (n° 3.114515), considerando a resolução 466/12 e as Declarações de Singapura e de Hong Kong, que prevêm 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 A (GA): Indivíduos com amputação transtibial; Grupo B (GB): 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 álgicos 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 o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) e um questionário de identificação dos participantes. O IPAQ é um questionário aplicado para obter o índice de atividade física de indivíduos entre 18 e 65 anos¹². A versão longa do instrumento é composta por 27 questões, dividida em 5 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 sedentário^{12, 13}.

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.

A análise de marcha foi realizada no laboratório de marcha 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 7 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 foi entrado em contato com o Centro Clínico de Reabilitação da UCS para análise dos cadastros dos pacientes. Posteriormente foi feito o levantamento de dados dos possíveis pacientes a participarem da pesquisa, 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 8 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 ântero-superiores, 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).

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 8 passos foram capturados integralmente¹⁴. 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) comprimento da passada b) largura da passada; c) tempo da passada d) cadência; e) velocidade, f) tempo de apoio duplo e g) tempo de apoio simples.

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)¹⁵. 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 $p \leq 0,05$.

Resultados

Foram avaliados 30 indivíduos, sendo que dez apresentavam amputação de nível transtibial (GA), dez apresentavam amputação de nível transfemoral (GB) e 10 indivíduos hígidos formaram o grupo controle (GC).

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 GA prevaleceu o sedentarismo, no GB 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 GA foi traumática e no GB vascular.

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 GA e GB 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 GB apresentaram pior desempenho.

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

Discussão

As alterações na cinemática da marcha de pacientes amputados são frequentemente observadas e descritas na literatura^{1-3,5,7,16-20,23-26}. 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 dentre os analisados.

No que diz respeito a variável espaço-temporal, 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^{16,17}. Corroborando com esses achados, o estudo de Highsmith MJ *et al.*¹⁷, com uma amostra de 15 indivíduos, sendo 7 amputados transtibiais e 8 amputados transfemorais, também demonstraram que ao avaliar os dados 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 capacidade funcional, deambulação comunitária e equilíbrio^{4, 21}, 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 passada²².

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 GB 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.*¹⁸, também observou 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 pior desempenho dos indivíduos com amputação transfemoral⁵, concordando com os dados deste estudo.

Referente ao apoio simples, observou-se que a proporção tempo de apoio simples para apoio duplo foi menor nos participantes amputados, e mesmo esta variável não sendo significativa neste estudo, outras pesquisas citam que a fase de apoio no membro protético é mais curta¹⁹, 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 GB apresentou pior desempenho. A passada mais curta está relacionada a redução da velocidade e cadência^{22,23}, 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 H, Wezenberg D, Hak L, Cutti AG²⁰, 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.

Em contraponto, mesmo a largura da passada não tendo apresentado 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 ântero-posterior com a caminhada²¹. Assim sendo, apesar do fato de que pacientes com níveis maiores de amputação demonstram pior desempenho na marcha^{2,5,7,18}, 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 GA mostraram-se mais sedentários que o GB, diferente do esperado. Entretanto, pesquisas anteriores afirmam que os indivíduos com amputação transfemoral relataram pior função física e participação social quando comparados aos amputados transtibiais²⁵. Associado a isso, Miller *et al.*²⁶ 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.

Conclusão

O presente estudo demonstrou que a amputação, independente do nível, provoca alterações na cinemática da marcha, principalmente na velocidade, cadência, comprimento da passada e tempo em apoio duplo. Ainda, observou-se que 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.

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, Silveti 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. Thomas JR, Nelson JK. Métodos de pesquisa em atividade física. 6º edição. 2012. Porto Alegre: Artmed.
12. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, *et al.* International physical activity questionnaire: 12-country reliability and

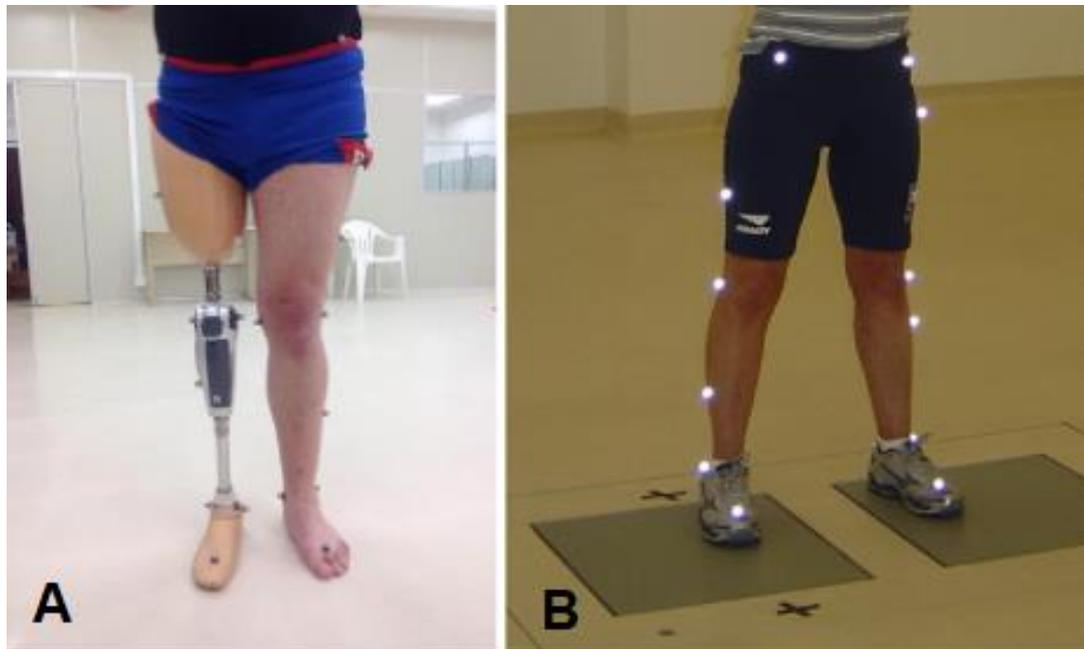
- validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Aug;35(8):1381-95. doi: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB. PMID: 12900694.
13. Cleland C, Ferguson S, Ellis G, Hunter RF. Validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) for assessing moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behaviour 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.
 14. 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.
 15. CALLEGARI-JACQUES, SM. *Bioestatística: princípios e aplicações.* 3º edição. 2003. Porto Alegre: Artmed.
 16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. 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.
 20. 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.
 21. 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.
 22. 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.

23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.

Figura:

Figura 1 - Ilustração dos marcadores reflexivos nos pontos anatômicos.



Fonte: Os autores.

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.

Tabelas:

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Características	GA (n=10)	GB (n=10)	GC (n=10)	p<0,05
	Média (DP)			
Idade (anos)	48,50 (16,99)	49,60 (8,89)	48,10 (16,24)	0,97 †
Peso (Kg)	89,70 (12,43)	84,29 (13,11)	80,50 (15,61)	0,34 †
Altura (m)	1,73 (0,04)	1,73 (0,08)	1,65 (0,08)	0,03 * †
IMC (Kg/m²)	29,97 (3,58)	28,29 (6,31)	29,23 (4,26)	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>	10 (100)	9 (90)	9 (90)	
<i>Feminino</i>	-	1 (10)	1 (10)	
IPAQ				0,09 §
<i>Sedentário</i>	5 (50)	-	1 (10)	
<i>Irregularmente Ativo B</i>	-	1 (10)	2 (20)	
<i>Irregularmente Ativo A</i>	3 (30)	4 (40)	3 (30)	
<i>Regularmente Ativo</i>	-	-	2 (20)	
<i>Ativo</i>	2 (20)	4 (40)	1 (10)	
<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: GA: indivíduos com amputação transtibial; GB: 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<0,05: valor de p menor que 0,05*, ANOVA (†), Teste t independente (‡), Qui-quadrado (§).

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

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

Legenda: GA: indivíduos com amputação transtibial; GB: indivíduos com amputação transfemoral; GC: indivíduos hígidos; DP: Desvio Padrão; m/s: metros por segundos; passos/s: passos por segundo; s: segundos; m: metros; $p \leq 0,05$: valor de p menor que 0,05*.

Tabela 3. Comparações entre grupos.

Variáveis Cinemáticas	GA x GB	GA X GC	GB X GC
	Tukey ($p \leq 0,05$)		
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: GA: indivíduos com amputação transtibial; GB: indivíduos com amputação transfemoral; GC: indivíduos hígidos; m/s: metros por segundos; passos/s: passos por segundo; s: segundos; m: metros; $p \leq 0,05$: Valor de p menor que 0,05*.