

Artigo de Revisão

Biomecânica da marcha humana ao longo do ciclo de vida: uma revisão narrativa

Human gait biomechanics across the life cycle: a narrative review

Jerônimo de Freitas Regis¹ , Francisco Thiago de Oliveira Silva² , Joele de Freitas Regis¹ ,
Alyson Kellyson Moura de Freitas¹ , Diego Remigio Peixoto² , André Wilson de Oliveira Gil¹ 

¹ Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera (Unopar) , Brasil

² Faculdade Vidal de Limoeiro do Norte (FAVILI), Brasil

HISTÓRICO DO ARTIGO

Recebido: 26.09.2025
Revisado: 03.04.2026
Aprovado: 06.04.2026

PALAVRAS-CHAVE

Análise da Marcha;
Cinética;
Ciclo de Vida.

KEYWORDS

Gait Analysis;
Kinetics;
Life Cycle Stages.

PUBLICADO

10.04.2026

AUTOR CORRESPONDENTE

Jerônimo de Freitas Regis

COMO CITAR ESTE ARTIGO (HOW TO CITE)

REGIS, J. de F.; SILVA, F. T. de O.;
REGIS, J. de F.; FREITAS, A. K. M.
de; PEIXOTO, D. R.; GIL, A. W.
de O. Biomecânica da marcha
humana ao longo do ciclo de vida:
uma revisão narrativa. *Caderno
de Educação Física e Esporte*,
v. 24, e36219, 2026. [10.36453/
cefe.2026.36219](http://doi.org/10.36453/cefe.2026.36219).

Open Access
Full Text Article



Este artigo foi publicado sob a licença
Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0).

RESUMO

INTRODUÇÃO: A marcha humana é um processo dinâmico que reflete a interação entre sistemas nervoso e musculoesquelético, sofrendo modificações significativas ao longo do ciclo da vida. A análise biomecânica desse movimento permite compreender padrões normais e disfuncionais, auxiliando no diagnóstico, prevenção e reabilitação.

OBJETIVO: Apresentar os principais parâmetros biomecânicos da marcha humana e suas variações ao longo do ciclo de vida.

MÉTODOS: Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, desenvolvida a partir de buscas nas bases PubMed, ScienceDirect, SciELO e Google Scholar. A estratégia de busca utilizou os termos "marcha", "biomecânica", "crianças" e "idosos", bem como seus correspondentes em inglês e em espanhol. A análise dos dados foi conduzida qualitativamente, por meio de análise temática, contemplando categorias como variáveis temporoespaciais, aspectos cinemáticos e cinéticos, controle neuromuscular, adaptações funcionais e implicações clínicas.

RESULTADOS: Os achados indicam que os parâmetros biomecânicos da marcha variam ao longo do ciclo de vida. Na infância, observa-se desenvolvimento progressivo do padrão locomotor, caracterizado pelo aumento do comprimento do passo, pelo aumento da amplitude de movimento e pela redução gradual da variabilidade. Na vida adulta, esse processo culmina na consolidação de um padrão de marcha mais estável, eficiente e previsível, adotado como referência biomecânica para comparação entre faixas etárias. No envelhecimento identificam-se declínios funcionais, com redução da velocidade de marcha, encurtamento dos passos, aumento do tempo de duplo apoio e menor amplitude de movimento, fatores frequentemente associados à perda de força, alterações ortopédicas e maior risco de quedas.

CONCLUSÃO: Os achados evidenciam que a marcha humana apresenta modificações ao longo do ciclo de vida, com desenvolvimento progressivo na infância, consolidação na vida adulta e declínio funcional no envelhecimento. A sistematização desses parâmetros contribui para a interpretação biomecânica da marcha em diferentes faixas etárias.

ABSTRACT

BACKGROUND: Human gait is a dynamic process shaped by the interaction between the nervous and musculoskeletal systems and undergoes substantial changes across the lifespan. Biomechanical analysis of gait provides a basis for distinguishing typical and dysfunctional patterns and supports diagnosis, prevention, and rehabilitation.

OBJECTIVE: To present the main biomechanical parameters of human gait and their variations across the lifespan.

METHODS: This study is a narrative review of literature based on research conducted in PubMed, ScienceDirect, SciELO, and Google Scholar. The search strategy used the terms "gait", "biomechanics", "children" and "older adults" as well as their Portuguese and Spanish equivalents. Data were analyzed qualitatively using thematic analysis, encompassing categories such as spatiotemporal variables, kinematic and kinetic aspects, neuromuscular control, functional adaptations, and clinical implications.

RESULTS: The findings indicate that biomechanical gait parameters vary across the lifespan. In childhood, the locomotor pattern develops progressively, as reflected by increased step length, greater joint range of motion, and a gradual reduction in variability. In adulthood, this process culminates in the consolidation of a more stable, efficient, and predictable gait pattern, which serves as the biomechanical reference for age-group comparisons. In aging functional decline is observed, including reduced gait speed, shorter steps, longer double-support time, and decreased joint range of motion, factors frequently associated with muscle weakness, orthopedic changes, and increased fall risk.

CONCLUSION: The findings show that human gait changes across the lifespan, with progressive development in childhood, consolidation in adulthood, and functional decline in older age. Systematizing these parameters contributes to the biomechanical interpretation of gait across different age groups.

▼ INTRODUÇÃO

A locomoção bípede é uma característica distintiva da espécie humana, resultante da integração funcional entre o sistema nervoso, a musculatura esquelética e as estruturas articulares. A marcha consiste em ciclos alternados de apoio e balanço dos membros inferiores (MMII), os quais podem ser analisados por meio de parâmetros temporoespaciais, cinemáticos, cinéticos e neuromusculares (Dufou; Pillu, 2016; Winter, 2009).

A análise precisa desses parâmetros permite distinguir padrões fisiológicos de alterações associadas a disfunções, além de fornecer subsídios para intervenções clínicas e estratégias de reabilitação. Em crianças, o desenvolvimento da marcha reflete a maturação progressiva dos sistemas nervoso e musculoesquelético, com consolidação do padrão adulto próximo aos sete anos de idade (Dolganova; Smolkova; Dolganov, 2022; Liu *et al.*, 2022). No envelhecimento, ocorrem alterações na marcha que se associam ao aumento do risco de quedas e ao declínio da capacidade funcional (Hausdorff; Rios; Edelberg, 2001; Mehrlatifan; Fatahi; Khezri, 2023).

As alterações na biomecânica da marcha têm sido amplamente discutidas na literatura científica, com descrições consistentes sobre parâmetros temporoespaciais, cinemáticos, cinéticos e neuromusculares em diferentes momentos do desenvolvimento humano. Entretanto, esse conhecimento costuma aparecer de forma segmentada, com predomínio de estudos voltados a fases específicas da vida, como infância, vida adulta ou envelhecimento, o que dificulta uma leitura integrada das continuidades e mudanças do padrão locomotor ao longo do ciclo de vida. Essa fragmentação também limita comparações entre faixas etárias e reduz a possibilidade de organizar, sob uma mesma perspectiva analítica, os parâmetros mais relevantes para contextos clínicos e de pesquisa.

Nesse contexto, a revisão narrativa mostra-se adequada por permitir a articulação de achados oriundos de diferentes delineamentos, populações e enfoques analíticos, favorecendo uma compreensão mais abrangente da marcha humana. A partir dessa proposta, o presente estudo busca a construção de uma síntese interpretativa que contribua para a interpretação biomecânica da marcha ao longo do ciclo de vida. Portanto, este artigo teve como objetivo apresentar os principais parâmetros biomecânicos da marcha humana e suas variações ao longo do ciclo de vida.

▼ MÉTODOS

Este estudo trata-se de uma revisão narrativa da literatura. A revisão narrativa, é um tipo de estudo que compila e analisa a literatura existente sobre um determinado tema, com o intuito de oferecer uma visão abrangente e crítica do assunto em questão (Sukhera, 2022). A escolha por este delineamento se justifica pela flexibilidade metodológica inerente às revisões narrativas, que permite integrar resultados de estudos com diferentes

desenhos experimentais, populações e abordagens analíticas.

A busca pelos estudos foi realizada entre janeiro e março de 2025, nas bases de dados PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, SciELO e Google Scholar. A estratégia de busca utilizou descritores controlados (DeCS e MeSH) e termos livres, combinados com operadores booleanos, nos idiomas português, inglês e espanhol. Os principais termos empregados, nos idiomas português, inglês e espanhol, foram, respectivamente: "marcha", "biomecânica", "crianças" e "idosos"; "gait", "biomechanics", "children" e "older adults"; e "marcha", "biomecánica", "niños" e "adultos mayores". A estratégia de busca foi adaptada às especificidades de cada base para garantir a abrangência e a relevância dos resultados recuperados.

Os critérios de elegibilidade incluíram estudos originais e de revisão que abordassem parâmetros biomecânicos da marcha nas fases da infância, da vida adulta ou da velhice, e excluíram estudos que não apresentassem descrição clara de variáveis biomecânicas. A seleção final foi realizada com base na leitura integral dos textos, considerando a aderência aos critérios de elegibilidade e a relevância para os objetivos da presente revisão.

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, por meio da análise temática (Naeem *et al.*, 2023), a partir da leitura e interpretação dos estudos incluídos, com identificação de padrões recorrentes relacionados aos parâmetros biomecânicos da marcha. Inicialmente, os artigos selecionados foram lidos integralmente com extração dos dados pertinentes aos objetivos da revisão. As informações foram organizadas e sistematizadas por meio de fichamento estruturado. Esses padrões foram organizados em categorias temáticas, que emergiram de forma indutiva, a partir da leitura analítica do material selecionado, considerando recorrências, contrastes e relevância teórica dos conteúdos, sendo posteriormente sistematizadas no Quadro 1 e utilizadas como eixo de organização da seção de Resultados e Discussão.

A abrangência desta revisão decorre da proposta de reunir estudos sobre parâmetros biomecânicos da marcha em diferentes fases do ciclo de vida, o que implicou a inclusão de investigações com populações, delineamentos e enfoques analíticos distintos. Essa amplitude temática representa, ao mesmo tempo, uma potencialidade e um desafio metodológico, uma vez que a heterogeneidade dos estudos selecionados limita comparações diretas entre resultados e exige interpretação cautelosa dos achados. Além disso, a escolha dos artigos considerou prioritariamente sua aderência ao objetivo da revisão e a contribuição para a compreensão dos parâmetros biomecânicos da marcha, reconhecendo-se que, em revisões narrativas, a seleção e a síntese da literatura assumem caráter interpretativo e não exaustivo.

▼ RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos possibilitou a identificação de seis categorias temáticas centrais relacionadas à biomecânica da marcha ao longo do ciclo de vida: ciclo da marcha, variáveis temporoespaciais, controle neuromotor, adaptações funcionais, métodos de análise e considerações clínicas. Essas categorias foram utilizadas como eixos de

organização dos conteúdos incluídos na revisão, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1. Categorias temáticas identificadas na revisão e sua descrição.

Categorias temáticas	Descrição
Ciclo da marcha	Compreende a análise do movimento articular (cinemática), forças de reação do solo, momentos articulares, potência (cinética), deslocamento do centro de gravidade e eficiência mecânica associada à conservação de energia.
Variáveis temporoespaciais	Inclui velocidade, cadência, comprimento do passo/ciclo, tempo de apoio simples e duplo apoio.
Controle neuromotor	Abrange ativação muscular, controle neural, variabilidade da marcha e coordenação intermuscular.
Adaptações funcionais	Descreve as mudanças no padrão da marcha ao longo do ciclo de vida: desenvolvimento infantil e declínio funcional no envelhecimento.
Métodos de Análise	Engloba os instrumentos e técnicas utilizados na análise biomecânica da marcha.
Considerações Clínicas	Envolve diagnóstico de distúrbios, uso de dados normativos, intervenções com exercícios físicos, dispositivos ortopédicos e reabilitação.

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da identificação dessas categorias, os achados foram organizados de forma integrada, permitindo a sistematização dos principais parâmetros biomecânicos da marcha e sua interpretação ao longo do ciclo de vida. Essa abordagem permite compreender a evolução do padrão locomotor desde sua aquisição e consolidação até as alterações associadas ao envelhecimento, além de favorecer a comparação entre diferentes faixas etárias.

Desse modo, foi possível elaborar um modelo conceitual de síntese que estrutura os principais parâmetros biomecânicos da marcha segundo as diferentes fases do ciclo de vida e seus respectivos impactos clínico-funcionais. A Figura 1 sintetiza a progressão do padrão locomotor desde a infância até o envelhecimento, destacando transições relevantes para a avaliação e a interpretação clínica da marcha.

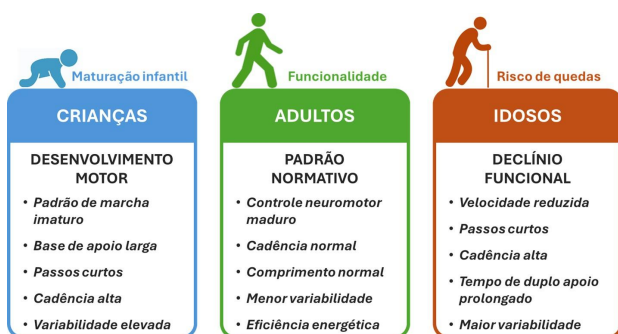


Figura 1. Modelo conceitual da marcha ao longo da vida.

Fonte: elaborado pelos autores.

Inicialmente, são apresentados os principais parâmetros biomecânicos da marcha, com a finalidade de estabelecer uma base conceitual para a interpretação das variações descritas ao longo do ciclo de vida. Em seguida, os achados da literatura são discutidos segundo uma progressão cronológica, contemplando as especificidades da marcha em crianças, adultos e idosos.

Parâmetros biomecânicos da marcha

A marcha humana caracteriza-se por um padrão de locomoção bípede composto por ciclos repetitivos de movimentos alternados dos MMII. Cada ciclo divide-se em duas fases principais, responsáveis pela estabilidade e eficiência do deslocamento: fase de apoio e fase de balanço (Figura 2).

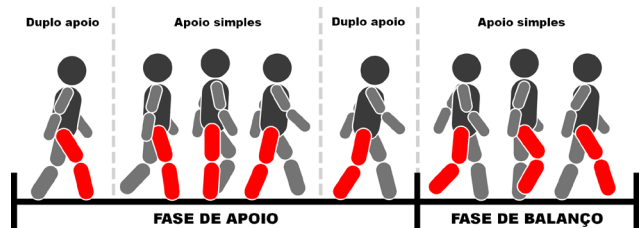


Figura 2. Ciclo da marcha humana.

Fonte: elaborado pelos autores.

A fase de apoio corresponde a aproximadamente 60% do ciclo e subdivide-se em três etapas. Na fase de contato inicial (0-15%), ocorre o apoio do calcanhar. Em seguida, na fase de apoio plantar (15-40%), o pé mantém contato completo com o solo, oferecendo sustentação ao corpo. Por fim, na fase de descolamento do calcanhar (40-60%), o peso transita para o antepé, preparando o membro para a fase de balanço. A fase de balanço ocupa os restantes 40% do ciclo, durante os quais o membro livre avança em direção ao próximo ponto de apoio, com flexão do joelho para garantir movimento fluido (Dufou; Pillu, 2016; Loupa et al., 2020).

Entre os principais parâmetros temporoespaciais da marcha destacam-se a velocidade de locomoção, a cadência (número de passos por minuto), o comprimento do passo e do ciclo, bem como o tempo de duplo apoio. Esses parâmetros são amplamente utilizados na avaliação clínica e laboratorial para descrever a eficiência, regularidade e simetria do padrão locomotor, sendo sensíveis a alterações decorrentes do envelhecimento, de patologias neuromotoras e de intervenções terapêuticas (Arellano-González; Medellín-Castillo; Cervantes-Sánchez, 2019).

Do ponto de vista cinemático, a marcha envolve movimentos angulares cíclicos nos principais segmentos do membro inferior. O quadril inicia o ciclo com flexão, seguida de extensão durante a fase de apoio, retornando à flexão na fase de balanço. O joelho apresenta um padrão de dupla flexão: a primeira no contato inicial, associada à absorção de impacto, e a segunda no balanço para facilitar o avanço do membro. O tornozelo realiza dorsiflexão no apoio médio e flexão plantar durante o impulso propulsivo (Neptune; Kautz; Zajac, 2001; Winter, 2009). A análise angular permite verificar amplitude de movimento, regularidade do padrão e compensações articulares.

Na perspectiva cinética, a análise das forças de reação do solo evidencia três picos principais na componente vertical: impacto inicial, apoio médio e impulso. As forças anteroposteriores refletem o controle da aceleração e desaceleração do corpo, enquanto as forças médio-laterais

relacionam-se ao equilíbrio dinâmico. Os momentos articulares e a potência mecânica gerada ou absorvida pelas articulações fornecem informações complementares sobre a função motora e o controle neuromuscular (Winter, 2009).

Durante a marcha, o deslocamento do centro de gravidade (CG) minimiza-se para otimizar a estabilidade e reduzir o gasto energético. No plano sagital, a variação do CG relaciona-se à distância vertical ao solo; no plano frontal, a translação lateral depende da largura entre as articulações do quadril (Bianchi *et al.*, 1998; Dufou; Pillu, 2016). A gestão desses deslocamentos contribui para o equilíbrio e para a economia de energia durante a marcha (Dufou; Pillu, 2016).

Esse comportamento pode ser explicado pelo modelo biomecânico do pêndulo invertido (Figura 3), que descreve a alternância entre energia cinética e energia potencial elástica durante a locomoção, promovendo a conservação de energia ao longo do ciclo (Carvalho; Andrade; Peyré-Tartaruga, 2015; Kuo; Donelan; Ruina, 2005). Em condições normais, o consumo de oxigênio durante a marcha em velocidade confortável permanece relativamente baixo, evidenciando a eficiência energética do padrão.

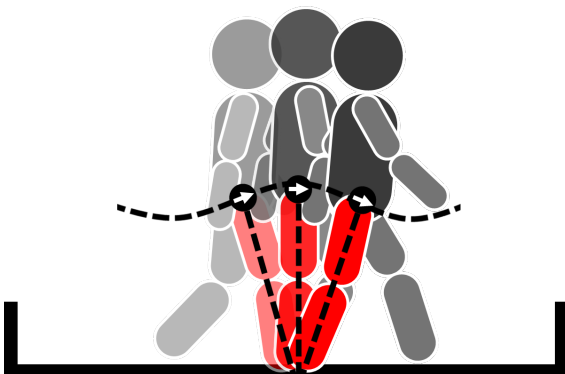


Figura 3. Modelo do pêndulo invertido da marcha.

Fonte: elaborado pelos autores.

A marcha normal resulta da complexa interação entre o sistema nervoso central e o sistema musculoesquelético. O controle neural regula a ativação muscular e o movimento articular, permitindo ajustes contínuos às condições do terreno (Roberts; Mongeon; Prince, 2017). A força muscular e a propriocepção mantêm a postura e garantem a execução eficiente do padrão de marcha. Portanto, o desenvolvimento adequado do sistema nervoso, a força muscular suficiente e a integridade das estruturas ósseas são requisitos para a marcha normal.

Durante o ciclo da marcha, observam-se padrões específicos de ativação eletromiográfica dos músculos esqueléticos. O tibial anterior é ativado no contato inicial para promover dorsiflexão do tornozelo e evitar o contato do antepé com o solo. O gastrocnêmio e o sóleo contribuem para a propulsão na fase de apoio terminal. O quadríceps estabiliza o joelho na aceitação de carga, enquanto os isquiotibiais participam na frenagem do membro oscilante (Neptune; Kautz; Zajac, 2001; Winter,

2009). A análise eletromiográfica permite identificar sinergias musculares, temporização da ativação e possíveis adaptações neuromotoras.

A análise biomecânica da marcha enfrenta desafios relacionados à alta dimensionalidade dos dados, à variabilidade interindividual e à dependência temporal dos parâmetros. Diferenças em protocolos experimentais e condições de teste podem gerar resultados cinéticos divergentes. Além disso, a complexidade desses dados exige métodos avançados de processamento e interpretação para obtenção de conclusões precisas.

Entre os principais métodos utilizados na análise biomecânica da marcha destacam-se: os sistemas de videogrametria tridimensional, que capturam o movimento por meio de marcadores refletivos e câmeras sincronizadas; as plataformas de força, responsáveis por registrar as componentes das forças de reação do solo; os sensores inerciais, úteis para análises em ambientes externos; e os sistemas de baropodometria, que avaliam a distribuição plantar de pressões (Caldas *et al.*, 2017; Dorschky *et al.*, 2019; Fernandes; Comunello; Machado, 2012).

Para a análise completa da marcha, é necessário integrar dados cinemáticos, cinéticos e eletromiográficos, além de aplicar processamento digital com filtragem de sinais, normalização temporal e espacial e métodos estatísticos multivariados. Dessa forma, a escolha dos instrumentos e protocolos depende dos objetivos clínicos, esportivos ou científicos da avaliação. A partir da sistematização desses parâmetros, estabelece-se uma base analítica para a interpretação do padrão de marcha nas diferentes fases do ciclo de vida, permitindo compreender o desenvolvimento na infância, sua consolidação na vida adulta e as alterações associadas ao envelhecimento.

Marcha em crianças

O desenvolvimento da marcha em crianças é um processo dinâmico que reflete a evolução gradual das capacidades motoras e o amadurecimento do sistema nervoso. Ao longo desse processo, observam-se mudanças sucessivas na biomecânica e na coordenação da marcha, desde os primeiros passos independentes até a progressiva consolidação de um padrão locomotor mais estável e eficiente. No início da vida, a marcha é precedida por um período de desenvolvimento motor que inclui habilidades como engatinhar e andar com apoio (Hospodar; Adolph, 2024). A partir de aproximadamente 11 a 15 meses de idade, as crianças começam a dar seus primeiros passos de forma independente (Chauvel *et al.*, 2017). No entanto, esses passos apresentam padrão irregular, com instabilidade, retomadas frequentes de apoio e controle limitado da direção e da coordenação do movimento (Dufou; Pillu, 2016).

Durante esses anos iniciais, a marcha exhibe persistência do padrão de tripla flexão dos MMII e um apoio no solo abrupto, o que contribui para a falta de uma progressividade harmônica do passo (Dufou; Pillu, 2016). À medida que a criança se desenvolve, observa-se aumento significativo na velocidade de caminhada, na cadência e

no comprimento da passada, ao mesmo tempo em que mostram uma redução progressiva no tempo de duplo apoio (Van Hamme *et al.*, 2016).

Além dos aspectos biomecânicos, a marcha infantil deve ser compreendida também em sua dimensão funcional, uma vez que a mobilidade participa da interação da criança com o ambiente e se relaciona a outras dimensões do desenvolvimento. Nessa perspectiva, a variabilidade observada nos padrões iniciais de locomoção não deve ser interpretada apenas como sinal de imaturidade motora, mas também como expressão de adaptações funcionais e de diferentes formas de exploração do meio (Hospodar; Adolph, 2024).

Do ponto de vista cinemático, o desenvolvimento da marcha em crianças envolve aumento progressivo da amplitude de movimento das articulações dos MMII e maior coordenação dos segmentos corporais (Liu *et al.*, 2022). Observa-se maior flexão do joelho na fase de balanço, menor extensão do quadril e dorsiflexão reduzida no contato inicial, com parâmetros temporoespaciais que evoluem até se aproximarem dos padrões adultos por volta dos sete anos de idade (Dolganova; Smolkova; Dolganov, 2022). Esses parâmetros, como o comprimento do passo, a cadência e a velocidade, apresentam variações relacionadas à idade e refletem o progresso motor da criança, sendo acompanhados por ajustes nos padrões articulares e no controle postural, com redução gradual da oscilação lateral e maior tempo de apoio simples (Tesio *et al.*, 2017).

Em termos cinéticos, ocorrem alterações nas forças de reação do solo, nos momentos articulares e na distribuição da carga plantar, com redução dos picos de impacto e melhora na propulsão, indicando maior controle motor e eficiência biomecânica (Liu *et al.*, 2022). Essas mudanças incluem aumento progressivo da potência articular, menor geração de força na infância, deslocamento ampliado do centro de pressão e influência do suporte manual nas fases iniciais da marcha (Dolganova; Smolkova; Dolganov, 2022). A interação entre os pés e o solo gera forças verticais e horizontais que afetam diretamente a estabilidade e a propulsão, sendo moduladas pelo recrutamento muscular, principalmente dos músculos gastrocnêmio, tibial anterior e quadríceps, e pela capacidade das articulações em gerar e absorver energia durante o deslocamento (Tesio *et al.*, 2017).

A transição da marcha infantil para padrões mais próximos do adulto ocorre de forma gradual e depende da maturação do sistema nervoso central, do controle motor e da força muscular (Roberts; Mongeon; Prince, 2017). A partir dos três anos, parâmetros temporoespaciais como o comprimento do passo atingem estabilidade, enquanto a maturação dos geradores de padrão central (GPC) contribui para a consolidação de padrões motores mais consistentes e automatizados entre os quatro e cinco anos (Dolganova; Smolkova; Dolganov, 2022).

Em crianças de cinco a seis anos observa-se uma postura mais flexionada em quadris, joelhos e tornozelos, com menor geração de potência pelos flexores plantares durante a marcha, enquanto os padrões de ativação muscular e os perfis articulares em crianças mais velhas

demonstram ampla correspondência com os observados em adultos (Tesio *et al.*, 2017). Figueredo *et al.* (2020) observaram que as crianças mais jovens exibem uma marcha com alta variabilidade e menor repetibilidade, enquanto as crianças mais velhas apresentam um padrão de marcha mais estável e simétrico, corroborando os diferentes níveis de desenvolvimento motor ao longo da infância. Esse processo indica que a redução progressiva da variabilidade acompanha a organização do padrão locomotor, sem excluir a influência das demandas funcionais e contextuais sobre a forma de locomoção.

Fatores como gênero e massa corporal influenciam os parâmetros de marcha em crianças. Os meninos frequentemente exibem padrões diferentes de comprimento e velocidade da passada em comparação com as meninas (Kleiner *et al.*, 2004), embora alguns estudos apontem ausência de diferenças significativas entre meninos e meninas (Chou *et al.*, 2003). A massa corporal elevada, especialmente em casos de obesidade, está associada à redução do comprimento da passada e ao aumento do tempo de duplo apoio (Kleiner *et al.*, 2004; Maciejewska-Paszek; Paszek-Jemilianowicz, 2024).

A definição de dados normativos para parâmetros cinéticos e cinemáticos, com base na idade, estatura e peso das crianças, contribui para uma compreensão mais precisa da dinâmica da marcha em condições saudáveis. Essa abordagem facilita a detecção precoce de distúrbios neuromusculares e ortopédicos, direcionando condutas terapêuticas adequadas (Dolganova; Smolkova; Dolganov, 2022; Liu *et al.*, 2022; Mobbs *et al.*, 2025; Tesio *et al.*, 2017).

Entre os distúrbios ortopédicos mais prevalentes que alteram o padrão de marcha infantil estão: a adução interna do pé, frequentemente associada à anteversão femoral ou rotação tibial medial; a marcha equina, decorrente de encurtamento do tendão calcâneo; e as angulações de joelho em valgo ou varo, que modificam a distribuição de carga nos MMII (Rerucha; Dickison; Baird, 2017). Adicionalmente, o pé plano flexível pode comprometer a base de apoio, e a displasia do quadril, quando não reconhecida precocemente, prejudica a simetria e a eficiência locomotora (Rerucha; Dickison; Baird, 2017).

Nas fases iniciais do desenvolvimento, a formação do arco plantar ocorre de maneira progressiva e acompanha a maturação musculoesquelética e a organização do padrão locomotor, podendo influenciar a distribuição de cargas e a estabilidade do apoio durante a marcha (Liu *et al.*, 2022). Quando o pé plano flexível se apresenta de forma mais acentuada ou sintomática, podem surgir repercussões funcionais, incluindo alterações na base de apoio e possíveis impactos na mecânica da marcha (Rerucha; Dickison; Baird, 2017). A compreensão detalhada das características e variações do desenvolvimento da marcha na primeira infância é fundamental para a identificação precoce de padrões atípicos e para orientar decisões clínicas que favoreçam melhores desfechos no acompanhamento do desenvolvimento locomotor (Liu *et al.*, 2022).

Além dos aspectos formais da marcha, é necessário considerar também a funcionalidade da locomoção para a criança, compreendida como a capacidade de mobilidade

para interação com o ambiente. Hospodar e Adolph (2024) sugerem que, além da análise biomecânica, a avaliação da marcha deve incluir a observação de como a criança utiliza a mobilidade para interagir com o ambiente, o que pode orientar estratégias de intervenção mais alinhadas às necessidades funcionais.

Marcha em adultos

A consolidação do padrão locomotor observada ao final do desenvolvimento infantil estabelece as bases do comportamento da marcha na vida adulta, caracterizado por maior estabilidade, eficiência e consistência dos parâmetros biomecânicos. Esse padrão corresponde ao padrão normativo adotado como referência na análise biomecânica e descrito na seção “Parâmetros biomecânicos da marcha”, sendo amplamente utilizado como baseline em contextos clínicos e científicos (Herssens *et al.*, 2018; Winter, 2009).

Na vida adulta, observa-se menor variabilidade interindividual em condições habituais, com manutenção de parâmetros temporoespaciais, cinemáticos e cinéticos dentro de faixas relativamente estáveis (Herssens *et al.*, 2018; Rössler *et al.*, 2024; Winter, 2009). Essa consistência reflete a maturação do controle neuromuscular e a eficiência do sistema locomotor, permitindo maior previsibilidade do padrão de marcha em comparação com as fases iniciais do desenvolvimento (Roberts; Mongeon; Prince, 2017).

Do ponto de vista clínico, a marcha adulta funciona como referência para avaliação, monitoramento e interpretação de alterações ao longo do ciclo de vida. A análise das variações observadas no desenvolvimento e no envelhecimento estabelece uma relação entre a aquisição do padrão locomotor na infância e as alterações progressivas observadas na senescência. Medidas sintéticas, como a velocidade de marcha, apresentam alta aplicabilidade por serem facilmente mensuráveis e clinicamente interpretáveis, contribuindo para rastreo e acompanhamento em diferentes populações (Fritz; Lusardi, 2009; Middleton; Fritz; Lusardi, 2015).

Entretanto, “normal” não equivale a homogêneo, uma vez que revisões e estudos com valores de referência indicam variações por idade e sexo ao longo da vida adulta, com mudanças graduais já na meia-idade e mais evidentes em décadas avançadas. Em especial, são descritos declínios progressivos da velocidade e do comprimento da passada, bem como aumento da variabilidade e da assimetria em idades mais altas, o que reforça a utilidade do padrão de marcha na vida adulta como parâmetro comparativo em relação ao padrão observado em idosos (Andrews *et al.*, 2023; Rössler *et al.*, 2024).

Embora constitua a referência, a marcha em adultos pode apresentar alterações. Em indivíduos com condições musculoesqueléticas, como dor lombar crônica, osteoartrite e instabilidade do tornozelo, observam-se mudanças em parâmetros da marcha e adaptações que reduzem a eficiência locomotora (Aydemir; Huang; Foucher, 2023; Smith *et al.*, 2022). Nesse sentido, intervenções como treinamento de equilíbrio, treinamento

de força e treino específico da marcha têm demonstrado efeitos favoráveis sobre a biomecânica da marcha e sobre desfechos funcionais relacionados ao deslocamento (Guo *et al.*, 2024; Luan *et al.*, 2021; Ortega *et al.*, 2025).

Dessa forma, a interpretação do padrão de marcha em adultos deve considerar a influência de fatores funcionais e individuais. Variáveis como velocidade de marcha, nível de atividade física, condicionamento e características antropométricas modulam os parâmetros biomecânicos, podendo deslocar o indivíduo dentro do espectro considerado normativo (Bejek *et al.*, 2006; Hof, 1996; Pierrynowski; Galea, 2001; Spartano *et al.*, 2019). Assim, as diferenças observadas entre indivíduos ou grupos não devem ser atribuídas exclusivamente a alterações patológicas, mas também a adaptações funcionais e características individuais.

Marcha em idosos

Com base no padrão de referência estabelecido na vida adulta, a análise da marcha no envelhecimento possui relevância clínica, pois permite identificar alterações associadas ao declínio funcional, à redução da eficiência do sistema locomotor e ao aumento do risco de quedas (Spekalski *et al.*, 2024). Em comparação ao padrão de marcha observado na vida adulta, a marcha em idosos caracteriza-se por menor velocidade, passos mais curtos, maior tempo de duplo apoio e aumento da variabilidade temporal (Mehrlatifan; Fatahi; Khezri, 2023; Rutherford *et al.*, 2017). Nessa população, a maior variabilidade dos parâmetros da marcha sugere menor estabilidade e previsibilidade do padrão locomotor (Hallal *et al.*, 2013).

Nos idosos, a diminuição da força muscular e da amplitude de movimento nos tornozelos, joelhos e quadris está associada à redução do comprimento dos passos e pode contribuir para a lentificação da marcha (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015). Com o envelhecimento, alterações na coordenação motora e na estabilidade postural associam-se a padrões locomotores menos eficientes, frequentemente compensados por estratégias como o aumento do tempo de duplo apoio e o encurtamento dos passos (Mehrlatifan; Fatahi; Khezri, 2023).

Nesse contexto, a instabilidade na marcha, expressa por maior variabilidade na duração do ciclo, no tempo de duplo apoio e na fase de balanço, associa-se à ocorrência de quedas, especialmente entre idosos com registros anteriores desse desfecho (Hausdorff; Rios; Edelberg, 2001; Kirkwood; Araújo; Dias, 2006). A variabilidade do tempo de passada, por sua vez, é descrita como preditor independente de quedas, mesmo na presença de outros fatores como força muscular e equilíbrio (Hausdorff; Rios; Edelberg, 2001).

O envelhecimento está associado à redução da amplitude de movimento, especialmente nos planos sagitais do quadril e tornozelo, bem como à diminuição dos momentos articulares e da potência gerada durante a marcha (Dufou; Pillu, 2016; Rutherford *et al.*, 2017). Essas alterações podem comprometer a propulsão e a eficiência do deslocamento e relacionar-se a maior dependência de mecanismos compensatórios. Tais achados são

compatíveis com alterações fisiológicas relacionadas à idade, incluindo perda de força muscular e coordenação intermuscular (Mehrlatifan; Fatahi; Khezri, 2023).

Em idosos com osteoartrite do joelho, observam-se alterações biomecânicas como redução da mobilidade no plano sagital e menor dinamismo nos momentos articulares, associadas a um padrão locomotor mais rígido e menos eficiente (Rutherford *et al.*, 2017). Há também ativação prolongada de músculos como isquiotibiais e quadríceps durante a fase de apoio, o que representa esforço compensatório para estabilidade articular, porém com potencial para gerar fadiga precoce (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015).

Idosos com histórico de quedas apresentam atraso no pico de força de flexão plantar, o que sugere fraqueza nos músculos gastrocnêmio e sóleo, importantes para estabilidade dinâmica na fase propulsiva da marcha (Kirkwood; Araújo; Dias, 2006). O recrutamento ineficiente desses músculos pode favorecer padrões locomotores conservadores e menor impulso propulsivo, além de comprometer a resposta motora a perturbações externas. Em contrapartida, idosos sem histórico de quedas demonstram maior ativação do tibial anterior e do gastrocnêmio sob exigências posturais (Kirkwood; Araújo; Dias, 2006).

A funcionalidade neuromuscular e o nível de atividade física predizem o desempenho locomotor de forma mais consistente que a idade cronológica. Indivíduos fisicamente ativos mantêm parâmetros cinemáticos e cinéticos mais favoráveis, mesmo em idades avançadas (Mehrlatifan; Fatahi; Khezri, 2023). Embora a variabilidade eletromiográfica aumente em contextos desafiadores, parâmetros cinemáticos tendem a permanecer estáveis, sugerindo a adoção de estratégias compensatórias por idosos (Hallal *et al.*, 2013). A manutenção de níveis moderados de atividade física pode contribuir para a preservação de circuitos neuromusculares envolvidos no controle postural e na adaptação da marcha (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015).

O risco de quedas no envelhecimento deve ser compreendido como fenômeno multifatorial, que envolve fraqueza muscular, diminuição da propriocepção, tempo de reação prolongado e déficits no controle postural (Hausdorff; Rios; Edelberg, 2001; Kirkwood; Araújo; Dias, 2006). Alterações visuais e vestibulares, frequentes no envelhecimento, podem comprometer a orientação espacial e estar associadas ao aumento da propensão a tropeços e desequilíbrios (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015). A redução da velocidade da marcha é associada a fraturas prévias, doenças cardiovasculares, distúrbios neuropsiquiátricos e desenvolvimento de demência, configurando um marcador funcional importante na avaliação geriátrica (Spekalski *et al.*, 2024). Essa identificação pode refletir uma estratégia adaptativa diante de instabilidade postural, menor integração sensorial e dificuldade em ajustar-se a variações ambientais (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015).

Além disso, o medo de cair contribui para a restrição de atividades físicas, diminuindo a exposição a estímulos motores e agravando a instabilidade funcional. A

realização de tarefas simultâneas e a presença desse medo aumentam a variabilidade na ativação muscular, o que compromete a estabilidade em ambientes desafiadores (Hallal *et al.*, 2013).

A instabilidade postural pode ser intensificada em situações que exigem respostas rápidas, como mudanças de direção e deslocamentos em terrenos irregulares. Nessas situações, idosos com baixa reserva funcional apresentam déficits motores e maior variabilidade na ativação muscular durante tarefas simultâneas (Hallal *et al.*, 2013). A integridade dos reflexos posturais está diretamente relacionada à coordenação entre o tronco e os MMII, com impacto na manutenção da massa corporal sobre a base de apoio (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015).

Programas de exercícios multicomponentes que combinam treinamento de força, equilíbrio, marcha e flexibilidade demonstram efeitos positivos sobre a marcha e sobre a prevenção de quedas (Spekalski *et al.*, 2024). Oliveira *et al.* (2022) recomendam a inclusão de exercícios de força em programas de atividade física, especialmente para populações que buscam qualidade de vida e autonomia funcional. A intensidade e a especificidade dos exercícios devem ser ajustadas à capacidade funcional do idoso, com progressão gradual para promover reorganização neuromuscular e melhorar a coordenação intersegmentar (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015; Mehrlatifan; Fatahi; Khezri, 2023).

Hallal *et al.* (2013) apontam que o desafio cognitivo associado à tarefa motora induz maior recrutamento cortical, favorecendo a manutenção da atenção e a melhora no controle motor. Portanto, os programas devem incluir exercícios em terrenos irregulares, treino de dupla tarefa e simulações de obstáculos, visando aumentar a capacidade adaptativa da marcha e promover maior estabilidade em ambientes complexos. A prática em contextos variados favorece a generalização dos ganhos motores para situações da vida diária (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015).

Além dos aspectos motores, intervenções que abordam o medo de cair também têm se mostrado eficazes, pois esse fator psicológico compromete a autoconfiança e reduz a exposição ao movimento. O medo pode limitar a amplitude da passada e favorecer rigidez postural, o que pode aumentar a ineficiência do padrão locomotor. A atuação multidisciplinar com foco em educação, estímulo à atividade física e reabilitação psicomotora pode minimizar esses efeitos. A restauração da confiança motora favorece a retomada da independência funcional e a adesão a rotinas mais ativas no envelhecimento (Bianchi; Oliveira; Bertolini, 2015).

▼ CONCLUSÃO

Esta revisão narrativa permitiu sistematizar os principais parâmetros biomecânicos da marcha humana ao longo do ciclo de vida. Os achados indicam que a marcha apresenta modificações progressivas, com desenvolvimento funcional na infância, consolidação de um padrão mais estável na vida adulta e declínio biomecânico no envelhecimento. Entre as principais alterações descritas, destacam-se mudanças em variáveis temporoespaciais, cinemáticas,

cinéticas e neuromusculares, com implicações para a avaliação funcional e clínica em diferentes faixas etárias.

A organização desses achados oferece uma síntese interpretativa útil para a compreensão da marcha humana em diferentes momentos do ciclo de vida, com aplicação potencial em contextos clínicos, acadêmicos e de pesquisa. Entretanto, por se tratar de uma revisão narrativa, a presente síntese possui caráter interpretativo e não exaustivo, o que requer cautela na generalização dos achados.

► AGRADECIMENTOS

Nada a declarar.

► CONFLITO DE INTERESSE

Os autores do estudo declaram não haver conflito de interesses.

► FINANCIAMENTO

Este estudo não teve apoio financeiro.

■ REFERÊNCIAS

- ANDREWS, A. W.; VALLABHAJOSULA, S.; BOISE, S.; BOHANNON, R. W. Normal gait speed varies by age and sex but not by geographical region: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, v. 69, n. 1, p. 47-52, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2022.11.005>
- ARELLANO-GONZÁLEZ, J. C.; MEDELLÍN-CASTILLO, H. I.; CERVANTES-SÁNCHEZ, J. J. Identification and analysis of the biomechanical parameters used for the assessment of normal and pathological gait: A literature review. In: *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 2019. Anais... Salt Lake City, Utah, USA: American Society of Mechanical Engineers, 2019. <https://doi.org/10.1115/IMECE2019-10140>
- AYDEMIR, B.; HUANG, C.; FOUCHER, K. C. Gait speed and kinesiophobia explain physical activity level in adults with osteoarthritis: A cross-sectional study. *Journal of Orthopaedic Research*, v. 41, n. 12, p. 2629-37, 2023. <https://doi.org/10.1002/jor.25624>
- BEJEK, Z.; PARÓCZAI, R.; ILLYÉS, Á.; KISS, R. M. The influence of walking speed on gait parameters in healthy people and in patients with osteoarthritis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 14, n. 7, p. 612-22, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0005-6>
- BIANCHI, A. B.; OLIVEIRA, J. M. D.; BERTOLINI, S. M. M. G. Marcha no processo de envelhecimento: alterações, avaliação e treinamento. *Revista Uningá*, v. 45, n. 1, p. 52-5, 2015. <https://doi.org/10.46311/2318-0579.45.eUJ1232>
- BIANCHI, L.; ANGELINI, D.; ORANI, G. P.; LACQUANITI, F. Kinematic coordination in human gait: Relation to mechanical energy cost. *Journal of Neurophysiology*, v. 79, n. 4, p. 2155-70, 1998. <https://doi.org/10.1152/jn.1998.79.4.2155>
- CALDAS, R.; MUNDT, M.; POTTHAST, W.; BUARQUE DE LIMA NETO, F.; MARKERT, B. A systematic review of gait analysis methods based on inertial sensors and adaptive algorithms. *Gait & Posture*, v. 57, p. 204-10, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.06.019>
- CARVALHO, A. R. D.; ANDRADE, A.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Possíveis alterações no mecanismo minimizador de energia da caminhada em decorrência da dor lombar crônica - revisão de literatura. *Revista Brasileira de Reumatologia*, v. 55, n. 1, p. 55-61, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rbr.2014.01.013>
- CHAUVEL, G.; PALLUEL, E.; BRANDAO, A.; BARBIERI, G.; NOUGIER, V.; OLIVIER, I. Attentional load of walking in children aged 7-12 and in adults. *Gait & Posture*, v. 56, p. 95-9, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.034>
- CHOU, P.-H.; CHOU, Y.-L.; SU, F.-C.; HUANG, W.-K.; LIN, T.-S. Normal gait of children. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, v. 15, n. 4, p. 160-3, 2003. <https://doi.org/10.4015/S1016237203000249>
- DOLGANOVA, T. I.; SMOLKOVA, L. V.; DOLGANOV, D. V. Biomechanical characteristics of the locomotor activity in children of 3-6 years old without movement disorders. *Journal of Ural Medical Academic Science*, v. 19, n. 5, p. 502-13, 2022. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2022-19-5-502-513>
- DORSCHKY, E.; NITSCHKE, M.; SEIFER, A.-K.; VAN DEN BOGERT, A. J.; ESKOFIER, B. M. Estimation of gait kinematics and kinetics from inertial sensor data using optimal control of musculoskeletal models. *Journal of Biomechanics*, v. 95, p. 109278, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.07.022>
- DUFOU, M.; PILLU, M. *Biomecânica funcional: membros, cabeça e tronco*. Barueri: Manole, 2016.
- FERNANDES, A. M. D. R.; COMUNELLO, E.; MACHADO, F. D. Análise do Movimento Humano por Videogrametria. In: *IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*. 2012. Anais... Penedo, RJ: Centro Universitário Dom Bosco, 2012. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/21016158.pdf> Acesso em: 22/02/2025.
- FIGUEIREDO, M. D. M.; FRANCO, P. S.; MORO, C. F.; ROCHA, E. S. D.; MACHADO, A. S.; CARPES, F. P. Uma única observação da pressão plantar representa a marcha de crianças em diferentes dias? *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v. 24, Supl.2, p. 161-70, 2020. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2317-6032.2020v24nSupl.2.33327>
- FRITZ, S.; LUSARDI, M. White Paper: "Walking speed: The sixth vital sign". *Journal of Geriatric Physical Therapy*, v. 32, n. 2, p. 2-5, 2009. <https://doi.org/10.1519/00139143-200932020-00002>
- GUO, Y.; CHENG, T.; YANG, Z.; HUANG, Y.; LI, M.; WANG, T. A systematic review and meta-analysis of balance training in patients with chronic ankle instability. *Systematic Reviews*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2024. <https://doi.org/10.1186/s13643-024-02455-x>
- HALLAL, C. Z.; MARQUES, N. R.; CASTRO, A.; SPINOSO, D. H.; ROSSI, D. M.; NAVEGA, M. T.; SILVA, J. A. M. G.; GONÇALVES, M. Variabilidade de parâmetros eletromiográficos e cinemáticos em diferentes condições de marcha em idosos. *Motriz*, v. 19, n. 1, p. 141-50, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742013000100014>
- HAUSDORFF, J. M.; RIOS, D. A.; EDELBERG, H. K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: A 1-year prospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 82, n. 8, p. 1050-6, 2001. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24893>
- HERSENS, N.; VERBECQUE, E.; HALLEMANS, A.; VERECK, L.; VAN ROMPAEY, V.; SAEYS, W. Do spatiotemporal parameters and gait variability differ across the lifespan of healthy adults? A systematic review. *Gait & Posture*, v. 64, p. 181-90, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.06.012>
- HOF, A. L. Scaling gait data to body size. *Gait & Posture*, v. 4, n. 3, p. 222-3, 1996. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(95\)01057-2](https://doi.org/10.1016/0966-6362(95)01057-2)
- HOSPODAR, C. M.; ADOLPH, K. E. The development of gait and mobility: Form and function in infant locomotion. *WIREs Cognitive Science*, v. 15, n. 4, p. e1677, 2024. <https://doi.org/10.1002/wcs.1677>
- KIRKWOOD, R.; ARAÚJO, P. A. de; DIAS, C. S. Biomecânica da marcha em idosos caídores e não caídores: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 14, n. 4, p. 103-10, 2006. <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/rbcm/article/download/722/726/0>
- KLEINER, A. F. R.; GOBBI, L. T. B.; MENCUCCHI, M. T. P.; OLIVEIRA, M. D. T. D.; PIERUCCINI-FARIA, F. Parâmetros espaço-temporais do andar em crianças obesas e com peso normal de acordo com o sexo. *Journal of Human Growth and Development*, v. 14, n. 3, p. 27-36, 2004. <https://doi.org/10.7322/jhgd.40089>
- KUO, A. D.; DONELAN, J. M.; RUINA, A. Energetic consequences of walking like an inverted pendulum: step-to-step transitions. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 33, n. 2, p. 88-97, 2005. <https://doi.org/10.1097/00003677-200504000-00006>
- LIU, W.; MEI, Q.; YU, P.; GAO, Z.; HU, Q.; FEKETE, G.; ISTVÁN, B.; GU,

- Y. Biomechanical characteristics of the typically developing toddler gait: a narrative review. *Children*, v. 9, n. 3, p. 406, 2022. <https://doi.org/10.3390/children9030406>
- LOUPA, A.; MESURAS, S.; SANTOS, V.; SILVA, S.; PARREIRA, D.; RIBEIRO, A. Gait biomechanics. *Journal of Aging & Innovation*, v. 9, n. 1, p. 136-40, 2020. <https://doi.org/10.36957/jai.2182-696X.v9i1-9>
- LUAN, L.; ADAMS, R.; WITCHALLS, J.; GANDERTON, C.; HAN, J. Does strength training for chronic ankle instability improve balance and patient-reported outcomes and by clinically detectable amounts? A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, v. 101, n. 7, p. pzab046, 2021. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab046>
- MACIEJEWSKA-PASZEK, I.; PASZEK-JEMILIANOWICZ, P. Assessment of gait in terms of body mass composition disorders among children aged 6-10 years. *Fizjoterapia Polska*, v. 24, n. 3, p. 55-64, 2024. <https://doi.org/10.56984/8ZG020AQDR>
- MEHRLATIFAN, S.; FATAHI, A.; KHEZRI, D. Biomechanics of Gait in the Elderly: A Literature Review. *Asian Journal of Sports Medicine*, v. 14, n. 2, 2023. <https://doi.org/10.5812/asjasm-135663>
- MIDDLETON, A.; FRITZ, S. L.; LUSARDI, M. Walking speed: the functional vital sign. *Journal of Aging and Physical Activity*, v. 23, n. 2, p. 314-22, 2015. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0236>
- MOBBS, L.; FERNANDO, V.; FONSEKA, R. D.; NATARAJAN, P.; MAHARAJ, M.; MOBBS, R. J. Normative database of spatiotemporal gait metrics across age groups: An observational case-control study. *Sensors*, v. 25, n. 2, p. 581, 2025. <https://doi.org/10.3390/s25020581>
- NAEEM, M.; OZUEM, W.; HOWELL, K.; RANFAGNI, S. A Step-by-step process of thematic analysis to develop a conceptual model in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*, v. 22, p. 16094069231205789, 2023. <https://doi.org/10.1177/16094069231205789>
- NEPTUNE, R. R.; KAUTZ, S. A.; ZAJAC, F. E. Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. *Journal of Biomechanics*, v. 34, n. 11, p. 1387-98, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00105-1)
- OLIVEIRA, F. C.; OLIVEIRA, C. F. R.; COSTA, G. F. A.; SANTOS, M. A. T. D.; OLIVEIRA, L. A. D.; AUGUSTO, V. G.; COSTA, A. C.; PERNAMBUÇO, A. P. Análise do perfil funcional de membros inferiores em praticantes de treinamento de força. *Caderno de Educação Física e Esporte*, v. 20, e-29215, 2022. <https://doi.org/10.36453/cefe.2022.29215>
- ORTEGA, C. E.; TORP, D. M.; DONOVAN, L.; SIMPSON, J. D.; FORSYTH, L.; KOLDENHOVEN, R. M. Gait-training interventions for individuals with chronic ankle instability: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Athletic Training*, v. 60, n. 5, p. 332-51, 2025. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0499.23>
- PIERRYNOWSKI, M. R.; GALEA, V. Enhancing the ability of gait analyses to differentiate between groups: scaling gait data to body size. *Gait & Posture*, v. 13, n. 3, p. 193-201, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00097-2)
- RERUCHA, C. M.; DICKISON, C.; BAIRD, D. C. Lower extremity abnormalities in children. *American Family Physician*, v. 96, n. 4, p. 226-33, 2017. Disponível em: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2017/0815/p226.html> Acesso em: 22/02/2025.
- ROBERTS, M.; MONGEON, D.; PRINCE, F. Biomechanical parameters for gait analysis: a systematic review of healthy human gait. *Physical Therapy and Rehabilitation*, v. 4, n. 1, p. 6, 2017. <https://doi.org/10.7243/2055-2386-4-6>
- RÖSSLER, R.; WAGNER, J.; KNAIER, R.; ROMMERS, N.; KRESSIG, R. W.; SCHMIDT-TRUCKSÄSS, A.; HINRICHS, T. Spatiotemporal gait characteristics across the adult lifespan: Reference values from a healthy population – Analysis of the COMpLETE cohort study. *Gait & Posture*, v. 109, p. 101-8, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.01.005>
- RUTHERFORD, D.; BAKER, M.; WONG, I.; STANISH, W. The effect of age and knee osteoarthritis on muscle activation patterns and knee joint biomechanics during dual belt treadmill gait. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 34, p. 58-64, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2017.04.001>
- SMITH, J. A.; STABBERT, H.; BAGWELL, J. J.; TENG, H.-L.; WADE, V.; LEE, S.-P. Do people with low back pain walk differently? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, v. 11, n. 4, p. 450-65, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.02.001>
- SPARTANO, N. L.; LYASS, A.; LARSON, M. G.; TRAN, T.; ANDERSSON, C.; BLEASE, S. J.; ESLIGER, D. W.; VASAN, R. S.; MURABITO, J. M. Objective physical activity and physical performance in middle-aged and older adults. *Experimental Gerontology*, v. 119, p. 203-11, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.02.003>
- SPEKALSKI, M. V. D. S.; BOLDT, P.; DOMINGUES, M. P. S.; SILVA, J. G. D.; HAMMERSCHMIDT, K. S. D. A.; LENARDT, M. H.; BETIOLLI, S. E. Velocidade da marcha associada aos fatores clínicos em idosos na atenção primária à saúde: revisão integrativa. *Cogitare Enfermagem*, v. 29, e92975, 2024. <https://doi.org/10.1590/ce.v29i0.92975>
- SUKHERA, J. Narrative reviews in medical education: Key steps for researchers. *Journal of Graduate Medical Education*, v. 14, n. 4, p. 418-9, 2022. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00481.1>
- TESIO, L.; MALLOGGI, C.; PORTINARO, N. M.; CATINO, L.; LOVECCHIO, N.; ROTA, V. Gait analysis on force treadmill in children: Comparison with results from ground-based force platforms. *International Journal of Rehabilitation Research*, v. 40, n. 4, p. 315-24, 2017. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000243>
- VAN HAMME, A.; SAMSON, W.; DOHIN, B.; DUMAS, R.; CHÈZE, L. Investigation of biomechanical strategies increasing walking speed in young children aged 1 to 7 years. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, n. 93, p. 49-55, 2016. <https://doi.org/10.1051/sm/2015039>
- WINTER, D. A. Biomechanical movement synergies. *Biomechanics and motor control of human movement*. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

✉ E-MAIL DOS AUTORES

Jerônimo de Freitas Regis

✉ jf.regis@hotmail.com

Francisco Thiago de Oliveira Silva

✉ thi-thth@hotmail.com

Joel de Freitas Regis

✉ joeleregis9@gmail.com

Alyson Kellyson Moura de Freitas

✉ alysonkellyson95@gmail.com

Diego Remigio Peixoto

✉ diegopeixotofocus@gmail.com

André Wilson de Oliveira Gil

✉ andre.gil@unopar.br

■ LICENÇA DE USO

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0). Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, inclusive para fins comerciais, desde que atribuam o devido crédito aos autores e à publicação inicial nesta revista.