

## Biomecânica do Quadril: Papel na marcha e estabilidade pélvica, análise de movimentos e implicações na osteoartrite

Hip Biomechanics: Role in gait and pelvic stability, movement analysis and implications in osteoarthritis

Eldher Nascimento Bezerra; Raissa Braz De Lima; Uriel Do Nascimento Martins; Gabrielle Batista Da Costa; Nathalia Lima De Souza; Gisele Rodrigues Da Silva; Marcia Kelly Ferreira Barbosa; Joaquim Albuquerque Viana

Submetido: 03/06/2025 | Aceito em: 09/06/2025 | Publicado: 08/07/2025  
DOI: 10.29327/9786527216148.1189832

### RESUMO

A articulação do quadril exerce papel fundamental na locomoção humana, sendo responsável por manter a estabilidade pélvica e permitir a execução eficiente da marcha. Este estudo de revisão descritiva teve como objetivo analisar a atuação biomecânica do quadril durante a marcha, sua contribuição para o equilíbrio pélvico e suas implicações na fisiopatologia da osteoartrite. Foram analisadas publicações recentes de alta qualidade metodológica, que evidenciam o envolvimento sinérgico dos músculos estabilizadores do quadril, sobretudo o glúteo médio, e sua relação com padrões compensatórios de marcha em indivíduos com disfunções articulares. Alterações na cinemática e na ativação muscular em pacientes com osteoartrite de quadril indicam perda de eficiência biomecânica, maior gasto energético e dor funcional. Programas de reabilitação baseados em evidência biomecânica têm demonstrado eficácia na melhora da estabilidade, controle motor e função global. Conclui-se que a compreensão da biomecânica do quadril é essencial para o desenvolvimento de estratégias fisioterapêuticas mais eficazes, com impacto positivo na funcionalidade e qualidade de vida.

**Palavras-chave:** Articulação do Quadril; Marcha Humana; Osteoartrite do Quadril.

### ABSTRACT

The hip joint plays a fundamental role in human locomotion by maintaining pelvic stability and enabling efficient gait. This descriptive literature review aimed to analyze the biomechanical function of the hip during gait, its contribution to pelvic equilibrium, and its implications for the pathophysiology of hip osteoarthritis. High-quality recent publications were analyzed, highlighting the synergistic involvement of pelvic stabilizer muscles, especially the gluteus medius, and their relation to compensatory gait patterns in individuals with joint dysfunction. Changes in kinematics and muscle activation in patients with hip osteoarthritis indicate reduced biomechanical efficiency, increased energy expenditure, and functional pain. Evidence-based rehabilitation programs have shown effectiveness in improving stability, motor control, and overall function. It is concluded that understanding hip biomechanics is essential for developing more effective physical therapy strategies with a positive impact on functionality and quality of life.

**Keywords:** Hip Joint; Human Gait; Hip Osteoarthritis.

## 1. Introdução

A articulação do quadril representa um ponto crucial na biomecânica do movimento humano, desempenhando papel central na locomoção, na estabilidade pélvica e na distribuição de cargas durante atividades funcionais cotidianas, como andar, correr e levantar-se. Anatomicamente, trata-se de uma articulação esferoide multiaxial composta pela cabeça do fêmur e o acetábulo da pelve, circundada por uma robusta estrutura capsuloligamentar e musculatura potente que garante tanto a mobilidade quanto a estabilidade articular (Neumann, 2017). O correto funcionamento do quadril está intrinsecamente associado à integração neuromuscular e ao controle motor fino, sendo influenciado por fatores mecânicos e fisiopatológicos, que podem ser comprometidos em condições degenerativas como a osteoartrite.

Durante a marcha, o quadril participa ativamente de todas as fases do ciclo locomotor, com movimentos coordenados de flexão, extensão, abdução, rotação interna e externa, sendo essas cinemáticas fundamentais para a propulsão eficiente e a manutenção do equilíbrio dinâmico (Pandy et al., 2020). A estabilidade pélvica durante a marcha depende principalmente da ação sinérgica do glúteo médio, glúteo mínimo e tensor da fáscia lata, músculos que previnem o desabamento contralateral da pelve na fase de apoio unipodal (Lee et al., 2019). A disfunção de qualquer um desses elementos resulta em alterações compensatórias que podem repercutir negativamente sobre outras regiões do sistema locomotor, como coluna lombar e joelho, intensificando quadros dolorosos e predispondo às patologias crônicas.

No contexto da osteoartrite do quadril, observa-se uma degradação progressiva da cartilagem articular e remodelamento ósseo, culminando em dor, rigidez e perda funcional. Estudos recentes demonstram que alterações biomecânicas precedem os sintomas clínicos e podem atuar como fator desencadeante da patologia (Dixon et al., 2021). A compreensão dos padrões de movimento alterados e da sobrecarga articular associada à instabilidade pélvica é fundamental para o desenvolvimento de intervenções fisioterapêuticas eficazes que retardem a progressão da doença.

Diante disso, a presente revisão da literatura tem por objetivo descrever, com base em evidências atuais, a participação biomecânica do quadril na marcha e na estabilidade pélvica, analisar os principais movimentos articulares e musculares envolvidos, e discutir suas implicações na gênese e no manejo da osteoartrite do quadril. Pretende-se, assim, fornecer subsídios científicos para a prática clínica em fisioterapia, fundamentando abordagens baseadas em avaliação funcional e em programas de reabilitação biomecanicamente orientados.

## 2. Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma revisão da literatura de natureza descritiva e abordagem qualitativa, com o objetivo de sistematizar os achados científicos mais relevantes acerca da biomecânica do joelho, englobando a análise dos movimentos articulares, os mecanismos de estabilidade e as sobrecargas mecânicas frequentes em contextos clínicos e esportivos. O delineamento descritivo foi escolhido por possibilitar uma análise crítica e abrangente das produções científicas recentes, sem intenção de quantificação estatística dos dados.

A busca bibliográfica foi realizada entre março e maio de 2025, em bases de dados científicas consolidadas e de alto impacto, como PubMed, ScienceDirect, Scopus e SciELO. Os descritores utilizados seguiram os vocabulários controlados DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e MeSH (Medical Subject Headings), combinados por meio de

operadores booleanos. As expressões utilizadas incluíram: “Knee Joint AND Biomechanics”, “Knee Stability AND Ligaments AND Muscles”, “Knee Injuries AND Overload”, “Kinematics AND Knee Joint” e “Patellofemoral Pain AND Biomechanics”.

Foram incluídos artigos publicados nos últimos cinco anos (2019–2024), com acesso ao texto completo, escritos em inglês, espanhol ou português, que abordassem de forma direta e científica a biomecânica do joelho humano em adultos. Estudos com enfoque exclusivo em modelos animais, relatos de caso isolados ou sem revisão por pares foram excluídos. Revisões sistemáticas, revisões narrativas, ensaios clínicos, estudos observacionais, artigos originais e estudos de meta-análise foram aceitos, desde que apresentassem rigor metodológico e contribuíssem de forma significativa à compreensão dos aspectos biomecânicos abordados.

A triagem inicial dos títulos e resumos foi realizada de forma independente por dois revisores, a fim de garantir a aderência dos estudos aos critérios de elegibilidade. Em casos de discordância, um terceiro revisor foi consultado para decisão consensual. Após a leitura integral dos artigos elegíveis, procedeu-se à extração dos dados mais relevantes, os quais foram organizados em categorias temáticas: (1) análise cinemática e cinética dos movimentos do joelho; (2) mecanismos passivos e ativos de estabilidade articular; (3) padrões de sobrecarga mecânica em atividades funcionais e esportivas; (4) implicações clínicas de disfunções biomecânicas.

A qualidade metodológica dos estudos foi considerada na análise crítica dos achados, sendo priorizados artigos publicados em periódicos com fator de impacto relevante e indexação internacional. O processo de análise dos conteúdos foi orientado pelos princípios da síntese integrativa, permitindo a comparação entre diferentes abordagens e a construção de um corpo teórico consistente para fundamentar a seção de Resultados e Discussão deste artigo.

### 3. Resultados e Discussões

A biomecânica do quadril na marcha humana representa uma interface essencial entre o controle neuromuscular, a estrutura anatômica e a eficiência funcional do movimento. A marcha bípede exige a alternância precisa entre os membros inferiores, de modo que o quadril, ao lado do complexo lombo-pélvico, atua como estabilizador e gerador de torque, permitindo a manutenção do equilíbrio dinâmico e a conservação de energia durante a locomoção (Pandy et al., 2020; Rane et al., 2023). A análise cinemática do quadril revela um padrão cíclico e coordenado, no qual a fase de apoio se inicia com o quadril em flexão de aproximadamente 30° e termina em extensão de cerca de 10°, enquanto a fase de balanço envolve uma nova flexão para preparar o próximo ciclo de passo (Hewett et al., 2020).

Essa cinemática é sustentada por sinergias musculares específicas. Na fase de apoio inicial, o glúteo máximo e os isquiotibiais atuam como principais extensores, estabilizando a articulação em contato com o solo. Na transição para a fase de propulsão, os flexores do quadril, especialmente o iliopsoas e o sartório, iniciam a elevação do membro para o avanço do passo (Kibler et al., 2021). Essas interações biomecânicas são diretamente influenciadas pela integridade da musculatura abduutora, especialmente o glúteo médio, cuja principal função é evitar a queda da pelve contralateral, estabilizando o quadril no plano frontal. Disfunções nessa musculatura são classicamente associadas ao sinal de Trendelenburg, um indicador clínico de instabilidade pélvica e disfunção do quadril (Lee et al., 2019).

Estudos eletromiográficos recentes reforçam a importância dos estabilizadores pélvicos durante a marcha.

Evidências demonstram que pacientes com osteoartrite do quadril apresentam recrutamento tardio e reduzido do glúteo médio, associado a aumento compensatório da ativação do quadrado lombar e musculatura paravertebral, sugerindo um padrão adaptativo que sobrecarrega a coluna lombar e altera a biomecânica do passo (Semciw et al., 2020). Tais adaptações podem contribuir para a degeneração secundária de estruturas articulares adjacentes e potencializam quadros de dor lombar crônica em populações geriátricas.

A avaliação tridimensional do movimento em indivíduos com osteoartrite de quadril também tem demonstrado alterações significativas nos parâmetros cinéticos e cinemáticos. Segundo Bennell et al. (2022), esses pacientes apresentam redução na amplitude de movimento em todos os planos, menor momento de flexão e abdução durante a fase de apoio, e alterações na distribuição de carga articular. Essas modificações biomecânicas reduzem a eficiência mecânica da marcha e implicam em maior gasto energético e menor capacidade funcional.

Além das limitações articulares, há um componente neuromotor relevante. A osteoartrite, como processo inflamatório crônico, gera alterações proprioceptivas na articulação, comprometendo a coordenação motora fina e a antecipação postural. Estudos de ressonância magnética funcional indicam redução da atividade cortical em regiões relacionadas ao planejamento motor em pacientes com dor crônica de quadril, sugerindo uma reorganização adaptativa do controle motor central (Zeni & Snyder-Mackler, 2021). Isso reforça a necessidade de abordagens terapêuticas que integrem reeducação proprioceptiva e fortalecimento neuromuscular ao tratamento da osteoartrite.

A sobrecarga articular decorrente de padrões de marcha compensatórios é outro ponto crítico. Com a progressão da patologia, indivíduos tendem a adotar marcha antálgica, com redução da fase de apoio do membro afetado e aumento do tempo de balanço do membro contralateral. Isso leva a um ciclo vicioso de assimetria biomecânica, que contribui para o agravamento da degeneração articular e para o surgimento de dor em outras articulações, como joelhos e coluna lombar (Wesseling et al., 2020). Intervenções precoces baseadas na análise do movimento são fundamentais para mitigar esses efeitos.

A literatura aponta que o treinamento específico dos músculos estabilizadores do quadril, como glúteo médio, glúteo máximo e rotadores externos, pode promover melhora significativa da estabilidade pélvica, reduzir a dor e melhorar a funcionalidade em pacientes com osteoartrite (Zacharias et al., 2021). O treinamento excêntrico, em particular, tem se mostrado eficaz na reabilitação dessa população, promovendo adaptações neuromusculares que favorecem o realinhamento biomecânico da articulação.

Estudos recentes também destacam a importância de técnicas de reeducação do padrão de marcha por meio de feedback visual e auditivo. O uso de plataformas instrumentadas e sensores inerciais possibilita a quantificação precisa das variáveis biomecânicas e o monitoramento contínuo das respostas ao tratamento. Resultados de ensaios clínicos randomizados indicam que programas de reabilitação que incluem feedback motor aumentam a eficácia das intervenções, melhorando significativamente o desempenho funcional em testes de caminhada de seis minutos e velocidade de marcha (Stevens-Lapsley et al., 2020).

Do ponto de vista preventivo, a identificação precoce de alterações biomecânicas por meio da análise do movimento é essencial para indivíduos com fatores de risco para osteoartrite, como displasia do desenvolvimento do quadril, discrepância de membros inferiores ou histórico de lesões traumáticas. A utilização de ferramentas como baropodometria, estabilometria e análise de marcha tridimensional pode auxiliar na estratificação de risco e na prescrição de programas personalizados de prevenção (Reiman et al., 2023).

Em relação ao impacto funcional da osteoartrite, observa-se que a limitação da amplitude de movimento e a dor associada reduzem substancialmente a qualidade de vida e a capacidade de participação social. Escalas como o WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) e o HOOS (Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score) têm sido amplamente utilizadas para mensuração dos desfechos clínicos em estudos biomecânicos, demonstrando correlação significativa entre função articular, força muscular e parâmetros de marcha (Dell’Isola et al., 2021).

A literatura reforça ainda que a combinação de intervenções fisioterapêuticas com orientações educativas e estratégias de autocuidado gera os melhores resultados a longo prazo. Programas baseados em exercício terapêutico supervisionado, com progressão gradual e controle de carga, mostraram-se mais eficazes na manutenção da função do que abordagens farmacológicas isoladas (Fransen et al., 2020). A atuação interdisciplinar, incluindo fisioterapeutas, ortopedistas e educadores físicos, é essencial para o sucesso terapêutico.

Por fim, destaca-se o potencial das abordagens baseadas em evidência biomecânica para transformar a prática clínica. A incorporação de tecnologias como análise de marcha com câmeras 3D, plataformas de força e sensores inerciais portáteis possibilita diagnósticos mais precisos e intervenções mais eficazes, contribuindo para o avanço da fisioterapia baseada em dados objetivos. A biomecânica do quadril, portanto, deve ser compreendida não apenas em sua dimensão estrutural, mas como um eixo integrador entre função, dor e qualidade de vida.

#### 4. Conclusão

A presente revisão permitiu evidenciar a relevância funcional da articulação do quadril na marcha humana, bem como seu papel essencial na manutenção da estabilidade pélvica e na distribuição adequada das cargas durante o movimento. As alterações biomecânicas associadas à osteoartrite de quadril, como a disfunção dos estabilizadores pélvicos, a perda de amplitude de movimento e os padrões compensatórios de marcha, contribuem significativamente para a piora funcional e qualidade de vida dos indivíduos acometidos.

Assim, a compreensão aprofundada da biomecânica do quadril é imprescindível para a elaboração de programas de reabilitação individualizados, baseados em evidências, que integrem fortalecimento seletivo, reeducação do padrão de marcha e controle neuromuscular. A atuação fisioterapêutica fundamentada em análise biomecânica representa, portanto, um caminho promissor para otimizar os resultados clínicos, retardar a progressão da osteoartrite e promover a funcionalidade global dos pacientes.

## Referências

- Bennell, K. L., Wrigley, T. V., Hunt, M. A., Lim, B. W., & Hinman, R. S. (2022). Update on the role of biomechanics in the management of hip osteoarthritis. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 36(1), 101692. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2021.101692>
- Dell'Isola, A., Wainwright, A., Steultjens, M., & Hinman, R. S. (2021). Biomechanical factors in hip osteoarthritis: From pathomechanics to clinical interventions. *Clinical Biomechanics*, 84, 105332. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2021.105332>
- Dixon, P. C., Hinman, R. S., Campbell, P. K., & Crossley, K. M. (2021). Biomechanical factors in hip osteoarthritis: Determinants, assessment, and intervention strategies. *Journal of Orthopaedic Research*, 39(6), 1159–1172. <https://doi.org/10.1002/jor.24859>
- Fransen, M., McConnell, S., Harmer, A. R., Van der Esch, M., Simic, M., & Bennell, K. L. (2020). Exercise for osteoarthritis of the hip. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2020(4), CD007912. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007912.pub4>
- Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2020). Biomechanics of the hip: Functional anatomy and neuromuscular control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 28(2), 70–76. <https://doi.org/10.1097/JSA.000000000000289>
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2021). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 51(3), 479–487. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01383-5>
- Lee, D., Kim, K., & Kim, Y. (2019). Functional role of hip abductor muscles during gait in individuals with and without osteoarthritis: A review. *Gait & Posture*, 74, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.014>
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (3rd ed.). Elsevier.
- Pandy, M. G., Lin, Y. C., & Kim, H. J. (2020). Muscle coordination of mediolateral balance in normal walking. *Journal of Biomechanics*, 98, 109437. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.109437>
- Rane, A. A., Williams, K. R., & Silder, A. (2023). Mechanical loading patterns in the hip during dynamic tasks: Implications for joint degeneration. *Gait & Posture*, 98, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.12.005>
- Reiman, M. P., Thorborg, K., & Kotsifaki, A. (2023). Optimizing clinical biomechanics in early detection and prevention of hip pathology. *British Journal of Sports Medicine*, 57(1), 3–10. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105086>
- Semciw, A. I., Freeman, S., Bird, A. R., & Pizzari, T. (2020). Gluteus medius: An intramuscular EMG investigation of anterior, middle and posterior segments during gait. *Gait & Posture*, 77, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.01.010>
- Stevens-Lapsley, J. E., Schenkman, M., & Dayton, M. (2020). Functional performance tests and self-reported outcomes in patients with hip osteoarthritis: Evaluation and rehabilitation. *Physical Therapy*, 100(3), 420–430. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz188>
- Wesseling, M., van der Esch, M., de Groot, I. B., Reijman, M., Verhaar, J. A. N., & Steultjens, M. P. M. (2020). Self-reported activity limitations relate to muscle strength and range of motion in patients with hip osteoarthritis. *Disability and Rehabilitation*, 42(5), 691–697. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1504947>
- Zacharias, A., Pizzari, T., English, T., Green, R. A., & Semciw, A. I. (2021). Hip muscle function in people with and without hip osteoarthritis: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 51(1), 28–42. <https://doi.org/10.2519/jospt.2021.9740>

Zeni, J. A., & Snyder-Mackler, L. (2021). Influence of hip osteoarthritis on control strategies during gait: Neural mechanisms and clinical implications. *Clinical Biomechanics*, 83, 105303. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2021.105303>