

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA

MARCO ANTÔNIO PEREIRA GUIMARÃES GALVÃO

**ANÁLISE DO MOVIMENTO PÉLVICO NO PLANO FRONTAL EM CORREDORES
DE RUA USANDO CÂMERAS BIDIMENSIONAIS:
REVISÃO DA LITERATURA**

UBERLÂNDIA

2025

MARCO ANTÔNIO PEREIRA GUIMARÃES GALVÃO

**ANÁLISE DO MOVIMENTO PÉLVICO NO PLANO FRONTAL EM CORREDORES
DE RUA USANDO CÂMERAS BIDIMENSIONAIS:
REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Ribeiro Teles dos Santos

Uberlândia

2025

Dedico essa conquista, e todas as outras que virão, à minha família, em especial minha mãe Patrícia Maria Galvão, meu pai Antônio Graccho Pereira Guimarães, meu irmão Pedro Paulo Pereira Guimarães Galvão, meus padrinhos Laura Cristina Sousa Silva Galvão, Roberto de Oliveira Galvão e Vinícius de Oliveira Galvão e à minha namorada Amanda Campos Fonseca.

RESUMO

A análise biomecânica da corrida é uma ferramenta fundamental no contexto clínico e acadêmico, mas o alto custo e a complexidade da análise tridimensional (3D), considerada o padrão-ouro, limitam sua aplicação clínica. Diante disso, a análise bidimensional(2D) surge como uma alternativa acessível. O presente estudo teve como objetivo revisar a literatura sobre as propriedades de medida da análise do movimento pélvico no plano frontal em corredores de rua utilizando câmeras bidimensionais. Para isso, foi realizada uma revisão, conduzida por um único pesquisador, nas bases de dados Google Scholar, PubMed/Medline, SciELO e LILACS, sem restrição de período de publicação. Foram incluídos estudos observacionais (transversais) que analisaram quantitativamente a queda pélvica. Foram excluídos artigos de revisão, editoriais, relatos de caso e trabalhos cuja metodologia de mensuração do movimento pélvico não estivesse claramente descrita. Ao fim, foram analisados nove estudos sobre as propriedades de medida da análise 2D da corrida, sendo extraídos dados referentes à metodologia, população, resultados de confiabilidade (teste-reteste, inter e intra-avaliador) e validade concorrente (comparação com sistemas 3D). Os resultados indicaram que a quantificação da queda pélvica demonstrou confiabilidade moderada a excelente (Coeficiente de Correlação Intra-classe - CCI 0,59-0,96) quando feita por meio de software (Kinovea, Dartfish, OpenPose), enquanto a avaliação visual demonstrou baixos índices. Em relação à análise 3D, a validade da medida 2D da queda pélvica apresentou resultados controversos e baixos, no entanto, a análise bidimensional foi sensível para detectar diferenças significativas na queda pélvica entre corredores com e sem lesão. Conclui-se que a análise cinemática 2D é uma ferramenta clinicamente relevante para avaliar a queda pélvica, desde que amparada por software, pois, embora sua validade seja limitada em relação à análise 3D, sua capacidade de identificar padrões e acompanhar mudanças a torna uma ferramenta útil para o uso clínico e laboratorial.

Palavras-chave: análise bidimensional ; queda pélvica ; corrida ; confiabilidade ; validade

ABSTRACT

Biomechanical running analysis is a fundamental tool in the clinical and academic settings, but the high cost and complexity of three-dimensional (3D) analysis, considered the gold standard, limit its clinical application. In this context, two-dimensional (2D) analysis emerges as an accessible alternative. This study aimed to review the literature on the measurement properties of pelvic movement analysis in the frontal plane in runners using two-dimensional cameras. A review was conducted by a single researcher using the Google Scholar, PubMed/Medline, SciELO, and LILACS databases, with no restriction on the publication period. Observational (cross-sectional) studies that quantitatively analyzed pelvic drop were included. Review articles, editorials, case reports, and studies in which the methodology for measuring pelvic movement was not clearly described were excluded. Nine studies on the measurement properties of 2D running analysis, from which data regarding methodology, sample characteristics, and results on reliability (test-retest, inter- and intra-rater) and concurrent validity (comparison with 3D systems) were extracted. The results indicated that the quantification of pelvic drop demonstrated moderate to excellent reliability (ICC 0.59-0.96) when performed using software (Kinovea, Dartfish, OpenPose), whereas purely visual assessment showed low indices. In relation to the 3D gold-standard analysis, the validity of the 2D pelvic drop measurement showed controversial and low results; however, the 2D analysis was sensitive enough to detect significant differences in pelvic drop between injured and uninjured runners. Therefore, the 2D kinematic analysis is a clinically relevant tool for assessing pelvic drop when assessed with software. Although its validity is limited in comparison to 3D analysis, its ability to identify patterns and monitor changes makes it a useful tool for both clinical and laboratory use.

Keywords: two-dimensional analysis ; pelvic drop ; running ; reliability ; validity

SUMÁRIO

PREFÁCIO	12
1 INTRODUÇÃO	14
2. METODOLOGIA.....	15
3. RESULTADOS	16
3.1 Propriedades de medida da análise bidimensional.....	17
3.2 Achados em populações clínicas	18
4. DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS	23

PREFÁCIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi elaborado em formato de artigo de revisão de literatura seguindo as normas da revista *Physical Therapy in Sports* (ISSN impresso: 1466-853X; ISSN Online: 1873-1600).

ANÁLISE DO MOVIMENTO PÉLVICO NO PLANO FRONTAL EM CORREDORES DE RUA USANDO CÂMERAS BIDIMENSIONAIS: REVISÃO DA LITERATURA

Marco Antônio Pereira Guimarães Galvão^a, Thiago Ribeiro Teles dos Santos^b

^a Graduando do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brasil, ORCID: 0009-0002-6824-029X

^b Professor Doutor do Curso de Fisioterapia - Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Professor do Programa de Pós-graduação em Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)/Fisioterapia Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ORCID: 0000-0003-2395-2023

Autor de correspondência

Thiago Ribeiro Teles Santos

Faculdade de Educação Física e Fisioterapia - Universidade Federal de Uberlândia, Campus Educação Física. Rua Benjamin Constant, n. 1286, Bairro Aparecida, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: thiago.teles@ufu.br.

Conflito de interesses e Financiamento: Não há conflito de interesses. Este estudo não recebeu nenhum suporte financeiro de fontes públicas, comerciais ou sem fins lucrativos.

RESUMO

Objetivo: Revisar a literatura sobre as propriedades de medida da análise do movimento pélvico no plano frontal em corredores de rua utilizando câmeras bidimensionais

Métodos: Foi realizada uma revisão de literatura com a análise de nove estudos sobre as propriedades de medida da análise 2D da corrida. Foram extraídos dados referentes à metodologia, população, resultados de confiabilidade (teste-reteste, inter e intra-avaliador) e validade concorrente (comparação com sistemas 3D).

Resultados: A quantificação da QPC demonstrou confiabilidade moderada a excelente (Coeficiente de Correlação Intra-classe - CCI = 0,59-0,96) quando feita por meio de software (Kinovea, Dartfish e OpenPose), enquanto que a avaliação visual demonstrou baixos índices. Em relação à análise 3D, a validade da medida 2D da QPC demonstrou resultados controversos e baixos. Por fim, a análise bidimensional foi sensível o suficiente para detectar diferenças significativas na QPC entre corredores com e sem lesão

Conclusões: A análise cinemática 2D é uma ferramenta clinicamente relevante para avaliar a QPC, desde que amparada por software. Embora sua validade seja limitada em relação à análise 3D, sua capacidade de identificar padrões e acompanhar mudanças a torna uma ferramenta útil para o uso clínico e laboratorial.

Palavras-chave: análise bidimensional ; queda pélvica ; corrida ; confiabilidade ; validade

ABSTRACT

Objective: Review the literature on the measurement properties of pelvic movement analysis in the frontal plane in road runners using two-dimensional cameras

Methods: An integrative review was conducted, analyzing nine studies on the measurement properties of 2D running analysis. Data regarding methodology, population, and results on reliability (test-retest, inter and intra-rater) and concurrent validity (comparison with 3D systems) were extracted

Results: The quantification of pelvic drop demonstrated moderate to excellent reliability (ICC 0.59-0.96) when performed using software (Kinovea, Dartfish, OpenPose), whereas visual assessment showed low indices. Compared to the 3D gold-standard analysis, the validity of the 2D pelvic drop measurement showed controversial and low results. Finally, the two-dimensional analysis was sensitive enough to detect significant differences in pelvic drop between injured and uninjured runners.

Conclusões: 2D kinematic analysis is a clinically relevant tool for assessing CPD, as long as it is supported by software. Although its validity is limited compared to 3D analysis, its ability to identify patterns and monitor changes makes it a useful tool for clinical and laboratory use

Keywords: two-dimensional analysis ; pelvic drop ; running ; reliability ; validity

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a prática da corrida tanto recreativa quanto profissional vêm crescendo exponencialmente, com um aumento ainda maior durante e após a pandemia da COVID-19 [1]. Esse aumento ocorre tanto por ser um esporte acessível, uma vez que requer mínimo material esportivo para sua realização, quanto pela busca dos diversos benefícios à saúde cardiovascular, física e mental [1]. No entanto, a corrida possui também potencial de lesão, sendo que fatores relacionados à alteração do movimento pélvico podem contribuir para o seu desenvolvimento [2].

A queda pélvica é uma disfunção de movimento no plano frontal comumente relacionada a sobrecargas teciduais [3]. Essa disfunção ocorre quando a pelve está excessivamente inclinada para um dos lados, na maioria das vezes, o lado oposto ao do membro inferior de apoio [4]. Geralmente, essa disfunção está presente em indivíduos com fraqueza dos abdutores do quadril, com destaque para o glúteo médio [5]. Esse déficit muscular dificulta o corpo em resistir à adução do quadril durante a fase de resposta à carga e a realizar a abdução do quadril que ocorre em sequência. Esse fenômeno pode contribuir para o aparecimento de lesões, como por exemplo a síndrome do estresse tibial medial [6], assim como para a sobrecarga de estruturas musculoesqueléticas não locais, como as localizadas no joelho e na coluna lombar, durante a corrida. Assim, a avaliação do movimento pélvico no plano frontal contribui para verificar a presença de disfunções que podem favorecer o surgimento de lesões relacionadas à corrida.

Existem diversos métodos para a captura do movimento pélvico no plano frontal. Os procedimentos mais avançados utilizam câmeras tridimensionais que rastreiam marcadores posicionados em proeminências ósseas (6). O acesso a esses procedimentos é restrito por serem caros e precisarem de ambientes padronizados, sendo limitados, usualmente, ao meio acadêmico. Uma alternativa é a análise bidimensional, uma tecnologia mais acessível ao ambiente clínico. Essa análise tem sido realizada geralmente com câmeras que coletam a frequência de amostragem acima de 200 Hz para o registro da corrida (8). A análise quantitativa do registro bidimensional pode ser realizada por meio de aplicativos e softwares, com destaque para o Kinovea, que apresenta código aberto e com crescente uso em análises biomecânicas [9]. Dessa forma, a análise bidimensional oferece uma solução acessível para as avaliações de corredores de rua no contexto clínico.

Estudos já verificaram as propriedades de medida da análise bidimensional do movimento pélvico no plano frontal durante a corrida. Essas propriedades informam sobre a

consistência e validade da análise e, assim, sobre a qualidade da medida (25). Considerando isso, este estudo teve como objetivo revisar a literatura sobre as propriedades de medida da análise do movimento pélvico no plano frontal em corredores de rua utilizando câmeras bidimensionais. Especificamente, busca-se sintetizar os índices que informam sobre confiabilidade e validade da análise bidimensional, considerando os procedimentos adotados pelos estudos.

2. METODOLOGIA

Esta revisão da literatura buscou artigos científicos nas bases de dados eletrônicas Google Scholar, MEDLINE/PubMed, LILACS e SciELO, sem restrição do idioma. O processo de busca dos estudos foi realizado por um pesquisador durante o primeiro semestre de 2025.

Para a busca, foram empregados descritores e palavras-chave combinados por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”, da seguinte maneira: ((“running”) OR (“runners”)) AND ((“Pelvic Drop”) OR ((“Pelvis”) AND (“Frontal Plane”))) AND ((“kinematics”) OR (“kinematic analysis”) OR (“biomechanics”) OR (“gait analysis”) OR (“video analysis”) OR (“motion capture”) OR (“Kinovea”)). Para as bases de dados em português e espanhol (SciELO e LILACS), os termos foram devidamente traduzidos e adaptados.

Os critérios de elegibilidade para a inclusão dos estudos foram: (1) apresentar delineamento de estudo observacional (transversal, caso-controle ou coorte); (2) investigar quantitativamente a queda pélvica (movimento pélvico no plano frontal) em corredores por meio de análise cinemática bidimensional. Não foi estabelecida restrição quanto ao ano de publicação. Foram excluídos artigos de revisão, editoriais, relatos de caso e trabalhos cuja metodologia de mensuração do movimento pélvico não estivesse claramente descrita. Além disso, foi realizada uma busca manual nas referências de todos os artigos incluídos, visando encontrar estudos que potencialmente atenderiam aos critérios de elegibilidade.

O processo de seleção dos artigos seguiu as seguintes etapas: inicialmente, o pesquisador realizou a triagem dos estudos a partir da leitura dos títulos obtidos na busca inicial. Em seguida, os artigos pré-selecionados foram avaliados pela leitura de seus resumos. Os estudos que atenderam aos critérios de elegibilidade nessa fase foram lidos na íntegra para o desenvolvimento deste estudo.

3. RESULTADOS

A busca nas bases de dados e o processo de seleção de estudos resultaram em uma inclusão final de nove estudos (Figura 1).

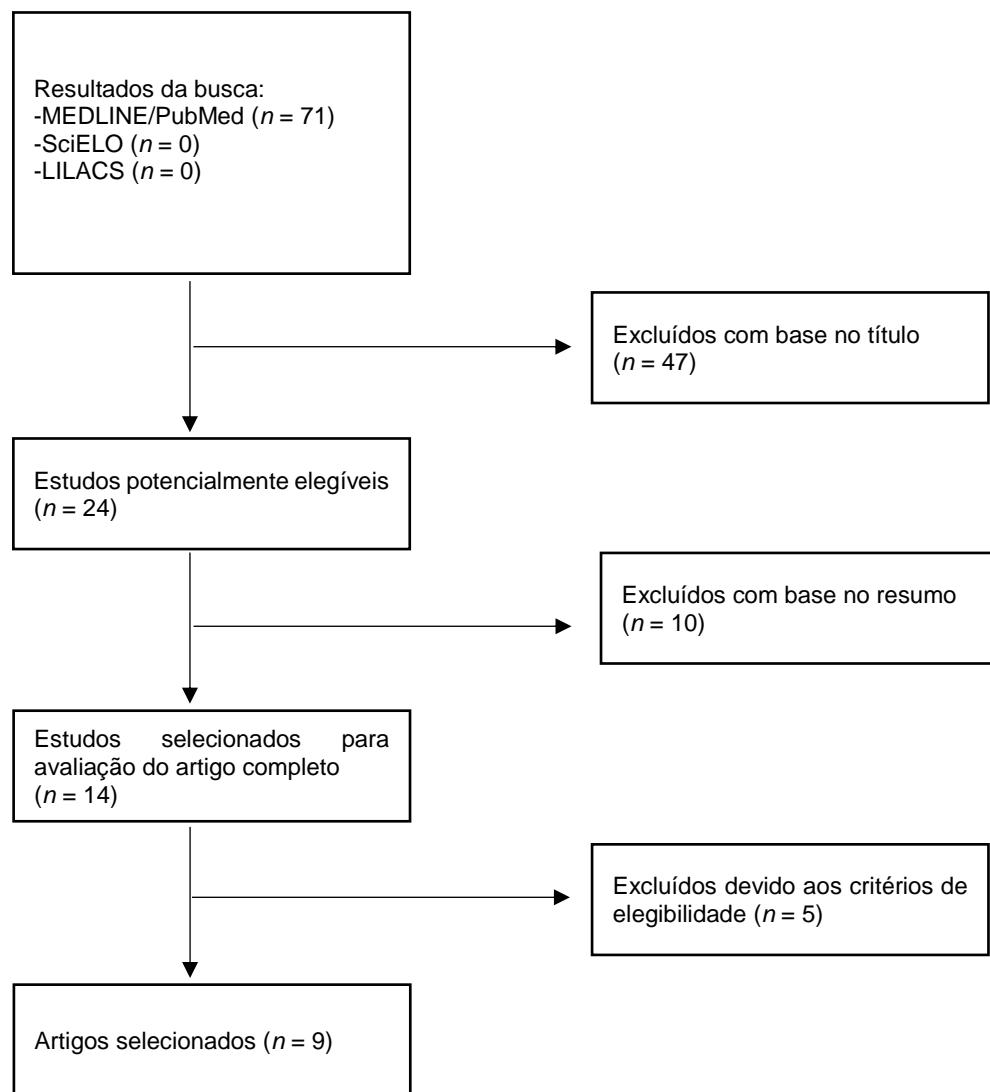


Figura 1. Fluxograma indicando os passos para seleção dos artigos

Os estudos selecionados apresentaram uma variedade de desenhos metodológicos, incluindo cinco estudos de confiabilidade e/ou validade, um estudo de caso-controle, dois estudos transversais e um estudo de delineamento cruzado (*cross-over study*). Em relação às ferramentas de análise utilizadas, foram empregadas diversas tecnologias, como Kinovea, Dartfish e OpenPose, bem como um único estudo que se utilizou da inspeção visual, sem nenhum software. Em seguida, estão sintetizados os achados desses estudos, sendo eles categorizados em duas temáticas centrais: as propriedades de medida da análise 2D e os achados em populações clínicas.

3.1 Propriedades de medida da análise bidimensional

A confiabilidade da medida foi investigada por múltiplos estudos, os quais, indicaram de maneira consistente resultados positivos quando softwares de análise quantitativa foram utilizados. Matsuzaki et al. (2022), por exemplo, ao analisarem corredores adolescentes com o software Dartfish, encontraram excelente confiabilidade tanto inter quanto intra-avaliador, com coeficiente de correlação intra-classe (CCI) de 0,857 para a confiabilidade inter-avaliador e 0,894 e 0,974 para a confiabilidade intra-avaliador. Esses valores também demonstram que a experiência de cada avaliador não influenciou significativamente o resultado das análises, uma vez que o primeiro avaliador era um fisioterapeuta com oito anos de experiência e o segundo, um assistente sem experiência com a análise bidimensional da corrida, tendo sido treinado pelo primeiro. Maykut et al. (2015) encontraram resultados similares em corredores universitários, nos quais a análise 2D demonstrou excelente confiabilidade intra-avaliador, sendo encontrados um CCI de 0,958 e 0,966 para o membro inferior direito e esquerdo, respectivamente, demonstrando excelente confiabilidade (os dados dizem respeito ao membro inferior que se encontra na fase de apoio, portanto a queda pélvica medida é referente à pelve contralateral). Os achados de Dingenen et al. (2018) também corroboram esses resultados, reportando excelente confiabilidade intra e interavaliador (CCI de 0,90 a 0,96) em uma amostra de atletas de elite. Outro estudo feito por Dingenen et al. (2018), por meio do software de acesso livre Kinovea, demonstrou confiabilidade teste-reteste de moderada a boa, com o CCI variando de 0,59 a 0,77 (para o membro inferior esquerdo e direito, respectivamente), mostrando-se inferior às outras variáveis estudadas. Esse mesmo estudo identificou um mínimo de sete passos analisados para que uma medida estável seja encontrada e determinou a Mínima Diferença Detectável (MDD) de 2,8 graus para a queda pélvica contralateral.

Contrastando com as análises quantitativas supracitadas, um estudo investigou a confiabilidade da avaliação cinemática por meio de uma inspeção visual, simulando uma avaliação clínica rápida e sem o uso de nenhum software. Stappung et al. (2025) demonstraram que, sob essas condições, a queda pélvica apresentou a menor concordância entre os avaliadores, com coeficientes Kappa variando de 0,047 a 0,597, o que indica uma confiabilidade fraca a moderada, inclusive sendo a variável cinemática com o pior desempenho dentre as outras analisadas no estudo.

A validade da análise bidimensional apresentou resultados conflitantes na literatura. Alguns estudos apontaram para baixa concordância entre os métodos 2D e 3D. Maykut et al. (2015), por exemplo, não encontraram correlação estatisticamente significativa entre as

medidas de queda pélvica contralateral obtidas pelos sistemas 2D e 3D. Além disso, Ota et al. (2021), utilizando o software OpenPose para a análise 2D, também relataram baixa concordância para os parâmetros pélvicos no plano frontal, com o CCI variando entre -0,06 e 0,23 quando comparados ao sistema 3D (Vicon). Além disso, a grande maioria dos valores do coeficiente de determinação R^2 se mostrou não significativa.

Em contrapartida, outros estudos encontraram uma relação positiva entre as análises 2D e 3D. Creaby et al. (2017) demonstraram que a obliquidade pélvica de pico de medida em 2D, em conjunto com o valgo femoral, foi capaz de prever 88% da variação da adução do quadril de pico em 3D, com um coeficiente não padronizado (B) de 0,985, demonstrando uma relação muito forte entre o aumento da queda pélvica medida em 2D e a adução do quadril medida em 3D.

Lafferty et al. (2022) compararam a cinemática da corrida em esteira (*indoor*) com a corrida ao ar livre (*outdoor*) capturada por drone. Os resultados apontaram uma baixa concordância na medida da queda pélvica lateral entre as duas condições, com um índice Kappa de 0,36, levando os autores a concluir que a análise em esteira pode não refletir precisamente a cinemática da corrida ao ar livre. Além disso, esses autores encontraram uma confiabilidade intra-avaliador e inter-avaliador substancial a moderada para os procedimentos investigados, com índices Kappa de 0,69 e 0,53, respectivamente.

3.2 Achados em populações clínicas

A capacidade da análise bidimensional em diferenciar a cinemática de corredores recreacionais com e sem lesão no joelho foi investigada por Dingenen et al. (2019), em um estudo com desenho de caso-controle. Os resultados demonstraram que o grupo lesionado apresentou, em primeiro momento, uma queda pélvica contralateral significativamente maior em comparação ao grupo controle não lesionado ($7,8^\circ \pm 2,5^\circ$ vs $6,2^\circ \pm 2,1^\circ$, respectivamente, com um $p=0,035$). No entanto, ao ajustarem o nível de significância para múltiplas comparações, dividindo o valor 0,05 pelo número de testes realizados (oito), os valores de queda pélvica contralateral deixaram de ser significativos.

4. DISCUSSÃO

Este estudo revisou a literatura sobre as propriedades de medida da análise do movimento pélvico no plano frontal em corredores de rua utilizando câmeras bidimensionais.

Para que uma ferramenta de análise de movimento seja útil clínica e academicamente, ela precisa apresentar adequadas propriedades de medida. Propriedades adequadas podem demonstrar que os valores encontrados se mantêm estáveis a cada análise feita. A falta dessa estabilidade pode repercutir que o procedimento não seja usado para avaliar o progresso de um paciente ou para testar hipóteses de investigações científicas. Em linhas gerais, um dos principais achados desta revisão é que a análise cinemática bidimensional (2D) demonstra propriedades de medida adequadas, apesar do número restrito de estudos selecionados e da diversidade de procedimentos adotados nessas investigações.

Os estudos selecionados indicaram índices adequados de consistência da medida 2D. Estudos como os de Maykut et al. (2015) e Matsuzaki et al. (2022) encontraram uma confiabilidade considerada excelente ($CCI > 0,85$). Mesmo em trabalhos como o de Dingenen et al. (2018), que apontaram uma confiabilidade um pouco menor, ela ainda se manteve em um nível de moderada a boa (CCI entre 0,59 e 0,77), o que pode ser aceitável no contexto clínico. Os achados desta revisão identificaram que a consistência da medida foi adequada, seja de um mesmo avaliador em dias diferentes (confiabilidade intra-avaliador e teste-reteste), seja entre profissionais distintos (confiabilidade interavaliador), inclusive quando se comparou avaliadores com mais de oito anos de experiência com avaliadores recém-treinados. Além disso, Dingenen et al. (2018) identificaram um pequeno valor de mínima diferença detectável (MDD), variando de $2,7^\circ$ a $2,8^\circ$, oferecendo ao clínico um valor que pode ser utilizado para saber se uma mudança na cinemática pélvica é resultado, por exemplo, de uma intervenção ou se poderia ser consequência de erro de medida.

Esta revisão também permite discutir o método de análise 2D. O estudo de Stappung et al. (2025) evidencia isso. Ao remover o software e depender apenas da avaliação visual e categórica, a confiabilidade foi pior, sendo classificada como fraca a moderada. A implicação clínica é que a análise visual, por mais experiente que seja o profissional, é pouco confiável para uma variável de amplitude pequena como a queda pélvica. Para uma prática mais alinhada com a literatura científica, o uso de ferramentas, mesmo as mais simples e de acesso livre como o Kinovea, pode deixar de ser um auxílio e sim, se tornar uma condição indispensável para garantir medições consistentes e robustas. Portanto, a confiabilidade da análise 2D se mostra consistente e reproduzível quando realizada por meio de software.

Menos estudos investigaram a validade concorrente da análise 2D em relação ao padrão de referência, a análise tridimensional (3D), e os resultados foram contraditórios. De um lado, estudos como o de Maykut et al. (2015) não encontraram correlação estatisticamente significativa entre as medidas de queda pélvica obtidas simultaneamente com sistemas 2D e

3D. De forma semelhante, Ota et al. (2021), ao validar a ferramenta de inteligência artificial OpenPose, reportaram baixa concordância e CCIs fracos para os parâmetros pélvicos no plano frontal ao compará-los com o sistema de análise 3D, usando o sistema VICON (a ferramenta mais validada e frequentemente referida como o padrão-ouro para a análise 3D). Esses achados levantam importantes questionamentos sobre a validade da medida, por exemplo, o fato de que a simplificação de um movimento multiplanar em um único plano pode perder informações importantes sobre os componentes rotacionais que também participam da definição da posição real da pelve.

Em contrapartida, Dingenen et al. (2018) apresentaram uma relação positiva e significativa entre a queda pélvica medida em 2D e 3D durante a maior parte da fase de apoio. A divergência entre esses estudos pode ser atribuída a diferentes abordagens na análise estatística, uma vez que alguns estudos comparam apenas os valores de pico, enquanto outros analisam a relação ao longo de toda a curva de movimento. De qualquer forma, os achados desta revisão sugerem que o fisioterapeuta/avaliador deve ter cautela ao utilizar a medida 2D da queda pélvica para extrapolar seus dados para o movimento 3D. Nesse sentido, a análise 2D parece ser uma ferramenta com propriedades adequadas para triar e também para detectar alterações relativas em um mesmo indivíduo ao longo do tempo (tendo em vista os adequados índices de confiabilidade encontrados), mas pode não ser precisa o suficiente para descrever quantitativamente o movimento de queda pélvica durante a corrida.

Um dos estudos selecionados avaliou ainda se a mensuração da queda pélvica por análise 2D diferenciava corredores com e sem lesão no joelho (Dingenen et al., 2019). Na análise inicial, esse estudo demonstrou que a medida foi sensível o suficiente para detectar diferenças entre corredores com e sem lesão no joelho, identificando uma queda pélvica maior no grupo lesionado. Contudo, ao realizar ajuste para múltiplas comparações, essa diferença não foi identificada. Essa divergência pode ocorrer devido à correção por múltiplas comparações resultar em uma análise mais conservadora estatisticamente e, assim, aumentar o risco de erro do tipo II. A análise deste estudo ocorreu com uma ferramenta 2D acessível e de livre acesso (Kinovea); o resultado inicial alinha-se com o que a literatura baseada em análises 3D tem identificado sobre a associação do aumento dos movimentos do plano frontal da pelve a diversas lesões em corredores. Do ponto de vista clínico, isso sugere que a avaliação da queda pélvica por meio da análise bidimensional, por ser uma ferramenta confiável para detectar alterações, pode ser fundamental no processo de raciocínio clínico para identificar déficits de controle motor que podem levar à sobrecarga de diversas estruturas envolvidas no gesto da corrida.

Esta revisão possui limitações. Um número limitado de estudos investigou as propriedades de medida relacionadas à análise 2D de queda pélvica em corredores. Os estudos selecionados apresentaram ainda variabilidade nos métodos empregados: diversas tecnologias de captura (*iPhones*, câmeras digitais padrão, *iPads*, drones), frequência de amostragem (variando de 50 a 120 frames por segundo), softwares de análise (Dartfish, Kinovea, OpenPose), posicionamento de marcadores (espinha ilíaca postero-superior, espinha ilíaca antero-superior e os gerados por inteligência artificial), protocolos de corrida (esteira vs. pista, diferentes velocidades analisadas) e de captura (diferentes tempos dos vídeos, distância do corredor à câmera). Essa falta de padronização dificulta a comparação direta dos valores absolutos entre os estudos e reforça a necessidade de desenvolver protocolos mais uniformes. O tamanho amostral da maioria dos estudos foi baixo, em corredores com características específicas, como atletas de elite, corredores universitários e do colegial ou faixas etárias específicas de corredores amadores. Isso restringe a generalização dos achados para outros corredores como iniciantes, idosos e também atletas com diferentes históricos de lesão. O estudo de Lafferty et al. (2022) também levanta uma limitação a se considerar: a análise em esteira, ambiente da maioria dos estudos, pode não refletir de maneira fidedigna a cinematográfica e biomecânica da corrida em ambiente externo (e.g., rua e pista), o que levanta questionamentos sobre a validade ecológica de muitos estudos, não se restringindo apenas aos aqui analisados.

Essas limitações podem direcionar futuras pesquisas. Métodos podem ser melhor descritos e investigados para contribuir com a validade interna dos estudos, como diretrizes quanto ao posicionamento da câmera, à taxa de quadros (frames por segundo) mínima e ao número de passos a serem analisados (tempo mínimo de análise), expandindo o achado levantado por Dingenen et al. (2018) de se analisar pelo menos sete passos. Futuros estudos também podem considerar amostras maiores e mais subgrupos de corredores. Além disso, é crucial a expansão de estudos de validade concorrente que comparem as medidas de queda pélvica com o software Kinovea (gratuito e acessível) com o padrão de referência 3D. Por fim, o futuro da análise de movimento clínica e acessível pode muito bem estar relacionado à integração de tecnologias, como sugerido por Ota et al. (2021). A evolução de sistemas de IA que dispensam a utilização de marcadores é promissora, mas ainda precisa de grande refinamento para as variáveis aqui analisadas.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho, por meio de uma revisão integrativa da literatura, buscou avaliar a validade e a confiabilidade da análise cinemática bidimensional (2D) da corrida, focando em sua aplicação clínica para a avaliação da queda pélvica. A análise dos estudos selecionados revela que a medição quantitativa em 2D, quando realizada por meio de instrumentos de análise quantitativos, é uma ferramenta com confiabilidade intra e inter-examinadores que varia de moderada a excelente. Em contraponto, uma avaliação puramente visual, sem o auxílio de ferramentas goniométricas, demonstrou ser inconsistente e pouco confiável. Quando se olha para a validade, os achados foram controversos, o que sugere cautela ao interpretar os valores angulares absolutos da análise 2D. Conclui-se, que a análise 2D é uma ferramenta que pode ser extramamente relevante para a prática do fisioterapeuta tanto no contexto clínico quanto no acadêmico.

REFERÊNCIAS

1. MATTIUZZI, C.; LIPPI, G. The general interest in running and walking has increased during the COVID-19: COVID-19 and sport. **Acta Biomedica Atenei Parmensis**, v. 94, n. 2, p. e2023072–e2023072, 24 abr. 2023.
2. VAN POPPEL, D. et al. Risk factors for overuse injuries in short- and long-distance running: A systematic review. **Journal of Sport and Health Science**, v. 10, n. 1, jun. 2020.
3. WILLWACHER, S. et al. Running-Related Biomechanical Risk Factors for Overuse Injuries in Distance Runners: a Systematic Review considering Injury Specificity and the Potentials for Future Research. **Sports Medicine**, v. 52, p. 1863–1877, 5 mar. 2022.
4. NEUMANN, D. A. et al. **Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for rehabilitation**. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2017.
5. SILVA, F. M. DA et al. Alinhamento dinâmico do joelho e equilíbrio pélvico: Comparação entre os sexos em atletas de futebol de base. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 56, n. 02, p. 175–180, abr. 2021.
6. MENÉNDEZ, C. et al. Medial Tibial Stress Syndrome in Novice and Recreational Runners: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, p. 7457, 13 out. 2020.
7. HÉBERT-LOSIER, K. et al. Reporting guidelines for running biomechanics and footwear studies using three-dimensional motion capture. **Sports Biomechanics**, v. 22, n. 3, p. 473–484, 13 set. 2022.
8. UHLRICH, S. D. et al. OpenCap: Human movement dynamics from smartphone videos. **PLOS Computational Biology**, v. 19, n. 10, p. e1011462–e1011462, 19 out. 2023.
9. REINKING, M. F. et al. Changes in Running Kinematics and Kinetics Following a 10 km Run. **The International journal of sports physical therapy**, v. 18, n. 5, 1 out. 2023.
10. MOKKINK, Lidwine B. et al. Sample size recommendations for studies on reliability and measurement error: an online application based on simulation studies. **Health Services and Outcomes Research Methodology**, v. 23, n. 3, p. 241-265, 2023.
11. Yamato TP, Saragiotto BT, Lopes AD. A consensus definition of running-related injury in recreational runners: a modified Delphi approach. **J Orthop Sports Phys Ther**. 10 de maio de 2015;45(5):375–80.
12. MOKKINK, Lidwine B. et al. Sample size recommendations for studies on reliability and measurement error: an online application based on simulation studies. **Health Services and Outcomes Research Methodology**, v. 23, n. 3, p. 241-265, 2023.

11. BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7154893/>>.
12. Bus SA. Ground reaction forces and kinematics in distance running in older-aged men. **Med Sci Sports Exerc [Internet]**. julho de 2003;35(7):1167–75. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12840638>
13. Harrison K, Kwon YU, Sima A, Thakkar B, Crosswell G, Morgan J, et al. Inter-joint coordination patterns differ between younger and older runners. **Hum Mov Sci**. 1o de abril de 2019;64:164–70.
14. Morin JB, Samozino P, Zameziati K, Belli A. Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. **J Biomech**. janeiro de 2007;40(15):3341–8.
15. FLEISS, J. L. **The design and analysis of clinical experiments**. New York: Wiley, 1986.
16. MATSUZAKI, Y. et al. Reliability of 2-Dimensional Video Analysis in Adolescent Runners. **HSS Journal**, v. 18, n. 4, p. 512–518, 18 mar. 2022.
17. CREABY, M. W. et al. Frontal plane kinematics predict three-dimensional hip adduction during running. **Physical Therapy in Sport**, v. 27, p. 1–6, set. 2017.
18. LAFFERTY, L. et al. Clinical Indoor Running Gait Analysis May Not Approximate Outdoor Running Gait Based on Novel Drone Technology. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, p. 194173812110509, 10 nov. 2021.
19. MAYKUT, J. N. et al. Concurrent validity and reliability of 2d kinematic analysis of frontal plane motion during running. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 10, n. 2, p. 136–146, 1 abr. 2015.
20. DINGENEN, B. et al. Test-retest reliability of two-dimensional video analysis during running. **Physical Therapy in Sport**, v. 33, p. 40–47, set. 2018.
21. DINGENEN, B. et al. Two-dimensional video analysis can discriminate differences in running kinematics between recreational runners with and without running-related knee injury. **Physical Therapy in Sport**, v. 38, p. 184–191, 1 jul. 2019.
22. OTA, M. et al. Verification of validity of gait analysis systems during treadmill walking and running using human pose tracking algorithm. **Gait & Posture**, v. 85, p. 290–297, mar. 2021.
23. DINGENEN, B. et al. Are two-dimensional measured frontal plane angles related to three-dimensional measured kinematic profiles during running? **Physical Therapy in Sport**, v. 29, p. 84–92, jan. 2018a.
24. STAPPUNG, A. V. et al. Reliability of the Main 2D Kinematic Variables of Running Evaluated Categorically in Amateur Runners, Aged 18 to 55 Years. **International journal of sports physical therapy**, v. 20, n. 8, p. 1176–1185, jan. 2025.
25. Portney LG. Foundations of clinical research: applications to evidence-based practice. 4th ed. Philadelphiar (PA): FA Davis Company; 2020.

