



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

LUANA KARINE RESENDE OLIVEIRA

**USO DE UM ACELERÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE AJUSTES
POSTURAS ANTECIPATÓRIOS DURANTE INÍCIO DO PASSO EM
PACIENTES COM OSTEOARTRITE DE JOELHO**

Belém – PA
2023

LUANA KARINE RESENDE OLIVEIRA

**USO DE UM ACELERÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE AJUSTES
POSTURAIS ANTECIPATÓIOS DURANTE INÍCIO DO PASSO EM
PACIENTES COM OSTEOARTRITE DE JOELHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Callegari

Belém – PA
2023

LUANA KARINE RESENDE OLIVEIRA

**USO DE UM ACELERÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE AJUSTES
POSTURAS ANTECIPATÓRIOS DURANTE INÍCIO DO PASSO EM
PACIENTES COM OSTEOARTRITE DE JOELHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Callegari

DATA DA AVALIAÇÃO: 23.02.2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Bianca Callegari
Orientadora – PPGCMH/UFPA

Profa. Dra. Marília Passos Magno Silva
(membro interno)

Prof. Dr. Givago Silva Souza
(membro externo)

BELÉM
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48u Oliveirs, Luana Karine Resende.
Uso de um acelerômetro para avaliação de ajustes posturais
antecipatórios durante início do passo em pacientes com
osteoartrite de joelho / Luana Karine Resende Oliveirs. — 2023.
LVII, 66 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dra. Bianca Callegari
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Movimento Humano, Belém, 2023.

1. osteoartrite de joelho. 2. ajuste postural antecipatório.
3. sensores inerciais. 4. iniciação da marcha. 5. realidade
virtual. I. Título.

CDD 611.7

RESUMO

Introdução: Idosos com níveis severos e moderados de osteoartrite (OA) de joelho tem estratégia adaptativa para realizar a iniciação da marcha, que é significativamente alterada pelo nível de gravidade da OA do joelho. Nos últimos anos, sensores inerciais vêm sendo utilizados para avaliar os ajustes posturais antecipatórios (APAs) para iniciação da marcha, uma vez que a cinemetria, considerada o padrão ouro, é cara, de difícil transporte, requer calibração e instalação adequada, tornando-se inviável seu uso em ambientes clínicos. Não há na literatura estudos que validaram o uso de acelerômetros para avaliação da iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho e nem avaliaram a sua confiabilidade, fato este que reforça a necessidade de desenvolvimento de pesquisas nessa área com esse objetivo. Também não encontramos na literatura, ensaios clínicos que tenham avaliado o impacto das intervenções fisioterapêuticas nos ajustes antecipatórios do passo. **Objetivo:** o presente projeto é dividido em dois estudos: Estudo 1: buscou validar o uso de um acelerômetro comercial *Metamotion C* para mensurar os APAs durante a iniciação da marcha em indivíduos com Osteoartrite de Joelho, bem como testar sua confiabilidade. Estudo 2: buscou avaliar se a utilização da realidade virtual com recurso do videogame, associado ao tratamento fisioterapêutico convencional, apresenta efeitos superiores na dor, capacidade física, equilíbrio e nos ajustes posturais antecipatórios na iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho. **Materiais e métodos:** Estudo 1: 29 sujeitos foram avaliados por meio de um acelerômetro comercial *Metamotion C* e por um sistema de câmeras – cinemetria com um marcador reflexivo em vértebra lombar e calcâneo. Os sujeitos iniciaram o passo após o comando randomizado do experimentador, e tiveram variáveis extraídas do protocolo: $APA_{latency}$, APA_{amp} . Estudo 2: Trata-se de um ensaio clínico, simples-cego, randomizado e controlado, no qual 40 indivíduos (31 mulheres e 9 homens) foram selecionados e randomizados nos grupos TC ou VR por alocação aleatória (20 em cada grupo) e, então, foram submetidos ao programa de reabilitação por 8 semanas. Foi utilizado um sensor inercial durante o início da marcha para mensurar os APAs e testes, escalas e questionários para avaliação do equilíbrio, dor e capacidade física. **Resultados:** Estudo 1: houve correlação linear estatisticamente significativa entre todas as variáveis. A variável $APA_{latency}$ apresentou correlação quase perfeita ($r = 0,9715$; $p < 0,00001$) e a variável APA_{amp} ($r = 0,7358$; $p < 0,00001$) correlação grande. As medidas mostraram confiabilidade alta a muito alta para correlação intraclasse

para as variáveis amplitude e latência da cinemática e acelerômetro. Estudo 2: Os resultados mostram que o tratamento convencional melhora de forma significativa a queixa de dor, a capacidade física e o equilíbrio em indivíduos com AO de joelho, porém apenas o grupo RV apresentou melhora nos parâmetros de APA. **Conclusão:** Estudo 1: *Metamotion C* é válido e apresenta alta confiabilidade para avaliação de APAs na iniciação do passo em indivíduos com OA de joelho. Estudo 2: apenas o grupo que utilizou a RV associada apresentou melhora nos parâmetros de APA, demonstrando a importância da utilização desse recurso na reabilitação desses pacientes.

Palavras-chave: iniciação da marcha; osteoartrite de joelho; ajuste postural antecipatório; sensores inerciais; realidade virtual.

ABSTRACT

Introduction: Elderly people with severe and moderate levels of Knee Osteoarthritis (OA) have an adaptive strategy to perform gait initiation, which is significantly altered by the level of severity of knee osteoarthritis. In recent years, inertial sensors have been used to assess anticipatory postural adjustments (APAs) for gait initiation, since kinemetry, considered the gold standard, is expensive, difficult to transport, requires calibration and proper installation, becoming its use in clinical settings is unfeasible. There are no studies in the literature that validated the use of accelerometers to assess gait initiation in individuals with Knee OA, nor did they assess their reliability, a fact that reinforces the need for research development in this area with this objective. We also did not find clinical trials in the literature that have evaluated the impact of physiotherapeutic interventions on anticipatory step adjustments. **Objective:** This project is divided into two studies: Study 1: sought to validate the use of a commercial Metamotion C accelerometer to measure APAs during gait initiation in individuals with Knee Osteoarthritis, as well as to test its reliability. Study 2: will seek to assess whether the use of virtual reality with video game resources, associated with conventional physical therapy treatment, have superior effects on pain, physical capacity, balance and anticipatory postural adjustments in gait initiation in individuals with knee OA. **Materials and methods:** Study 1: 29 subjects were evaluated using a commercial Metamotion C accelerometer and a camera system – kinemetry with a reflective marker on the lumbar vertebrae and calcaneus. The subjects started the step after the experimenter's random command, and had variables extracted from the protocol: APA_{latency}, APA_{amp}. Study 2: This is a single-blind, randomized, controlled clinical trial. 40 subjects (31 women and 9 men) were selected and randomized into the TC or VR groups by random allocation (20 in each group). The patients underwent the rehabilitation program for 8 consecutive weeks. An inertial sensor was used during the beginning of the gait to measure the APAs and tests, scales and questionnaires to assess balance, pain and physical capacity. **Results:** Study 1: there was a statistically significant linear correlation between all variables. The APA_{latency} variable showed an almost perfect correlation ($r = 0.9715$; $p < 0.00001$) and the APA_{amp} variable ($r = 0.7358$; $p < 0.00001$) had a strong correlation. The measurements showed high to very high reliability for intraclass correlation for the kinematics and accelerometer amplitude and latency variables. Study 2: The results show

that conventional treatment significantly improves pain complaints, physical capacity and balance in individuals with knee AO, but only the group that used associated VR showed improvement in PA parameters. **Conclusion:** Study 1: Metamotion C is valid and presents high reliability for the evaluation of APAs at step initiation in individuals with knee OA. Study 2: only the group VR showed improvement in APA parameters, demonstrating the importance of using this resource in the rehabilitation of these patients.

Keywords: gait initiation. Knee osteoarthritis. Anticipatory postural adjustment. Inertial sensors. Virtual reality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC - acelerômetro

APA/APAs - ajustes posturais antecipatórios

APCs – ajustes posturais compensatórios

COM - centro de massa corporal

COP - centro de pressão

IMU - unidades de medidas inerciais

RV – realidade virtual

SNC – Sistema Nervoso Central

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Capítulo 1: Osteoartrite de joelho	9
2.2 Capítulo 2: Tratamento Fisioterapêutico para Osteoartrite de Joelho	10
2.3 Capítulo 3: Ajustes Posturais Antecipatórios no início da marcha	13
2.4 Capítulo 4: Inovações Tecnológicas para Avaliação dos Ajustes Posturais antecipatórios	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo geral	15
3.2 Objetivos específicos	15
ARTIGO 1:	17
ARTIGO 2:	38
CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS GERAIS	63

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação é um compilado de duas investigações científicas sobre Ajustes Posturais Antecipatórios (APAs), Osteoartrite (OA) e o tratamento fisioterapêutico.

Optamos por apresentar um breve referencial teórico sobre os temas, seguido da apresentação dos dois artigos na íntegra.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CAPÍTULO 1 – OSTEOARTRITE DE JOELHO

A Osteoartrite (OA), doença articular degenerativa, artrose ou osteoartrose, é uma doença reumática crônica que afeta as articulações sinoviais e é caracterizada por dor, incapacidade e perda progressiva da função. É a queixa musculoesquelética mais comum em todo o mundo e está associada a altos custos na saúde pública (COIMBRA IB, 2003; FRAMINGHAM *et al.*, 1987).

A articulação mais frequentemente afetada por osteoartrite nos membros inferiores é o joelho. A prevalência de OA do joelho aumenta com a idade e, portanto, é uma das principais causas de incapacidade em idosos. É a doença reumática mais prevalente entre indivíduos com mais de 65 anos de idade (FRAMINGHAM *et al.*, 1987). Os estudos também mostraram que as mulheres são mais propensas do que os homens a ter OA do joelho (COIMBRA IB, 2003; ETTINGER & AFABLE, 1994; FRAMINGHAM *et al.*, 1987).

Na OA há insuficiência da cartilagem, que decorre do desequilíbrio entre a formação e a destruição dos seus principais elementos, associada a outras condições como: sobrecarga articular, alterações bioquímicas da cartilagem e membrana sinovial, e fatores genéticos (COIMBRA IB, 2003). Logo, as tarefas que suportam peso estão entre as mais difíceis para os indivíduos acometidos pela OA de joelho, como, por exemplo, passar de sentado para de pé, iniciar o passo, deambular e subir degraus (ETTINGER & AFABLE, 1994; FRAMINGHAM *et al.*, 1987).

A alteração do padrão de marcha é relatada em indivíduos com OA de joelho, com redução na amplitude de movimento do joelho, velocidade da marcha e descarga de peso na articulação

afetada (RADIN *et al.*, 1991). Alguns estudos descrevem que a deficiência na função do quadríceps e na cinemática da articulação do joelho podem ser importantes na patogênese e na progressão da OA do joelho. Apontam ainda que o aumento da carga articular está associado à OA (RADIN *et al.*, 1991; SIMON *et al.*, n.d.; SYED & DAVIS, 2000) contração excêntrica do quadríceps, no momento do contato inicial do calcanhar, visa minimizar o impacto e realizar uma flexão controlada do joelho. A coordenação da atividade do quadríceps é essencial para atenuar as forças e controlar a carga articular no joelho durante a locomoção (R J JEFFERSON, 1990; RADIN *et al.*, 1991).

2.2 CAPÍTULO 2 – TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO PARA OSTEOARTRITE DE JOELHO

A Fisioterapia possui vários recursos para o tratamento da dor, ganho de mobilidade e funcionalidade em pacientes com OA de joelho (GOH *et al.*, 2019; van DOORMAAL *et al.*, 2020).

Revisões sistemáticas foram realizadas para abordar questões clínicas em relação às seguintes intervenções terapêuticas: massagem (BERVOETS *et al.*, 2015), terapia de estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) (PALMER *et al.*, 2014), movimento passivo contínuo (CPM) (HARVEY *et al.*, 2014; MANIAR *et al.*, 2012), terapia por ondas de choque (Imamura *et al.*, 2017), ultrassom (SHI *et al.*, 2016; TASCIOGLU *et al.*, 2010) e termoterapia (VAN DOORMAAL *et al.*, 2020). Para todas essas intervenções, a qualidade dos estudos e o nível de evidência foi baixa, com os efeitos sobre a funcionalidade em pacientes com OA de joelho raramente relatada. Massoterapia e TENS não devem ser feitos como recurso de primeira escolha nesses pacientes, porém, o uso do TENS para pacientes com OA de joelho pode ser considerado intervenção de curto prazo para apoiar a terapia de exercício ativo se esta for de difícil realização devido dor intensa. CPM, terapia de campo eletromagnético pulsado, mobilização passiva, terapia por ondas de choque, ultrassom e termoterapia não possuem evidência de que trazem melhora do quadro e os autores relatam, portanto, que não devem ser realizados (VAN DOORMAAL *et al.*, 2020).

Uma revisão sistemática realizada em 2019, apontou que o exercício é superior aos demais recursos fisioterapêuticos para tratamento da OA de joelho (GOH *et al.*, 2019). Este

estudo mostrou que os benefícios do exercício foram maiores para dor, função e desempenho quando comparado a outros recursos. A eficácia do exercício foi maior em 2 meses após o início do tratamento e foi reduzindo gradualmente ao longo do tempo, se equivalendo aos demais tratamentos após 6 meses. Foi pontuado que uma das razões para este declínio é a baixa adesão ao exercício a longo prazo, em que crenças pessoais, apoio social, relacionamento com o provedor e facilidade de acesso a instalações de exercícios desempenham papéis importantes. A Sociedade Brasileira de Reumatologia descreve sobre a importância do fortalecimento para ganho de massa muscular, principalmente do quadríceps, do treino aeróbico para melhora do condicionamento físico, e realização de alongamentos para melhora da flexibilidade (COIMBRA IB, 2003; SOCIEDADE BRASILEIRA DE REUMATOLOGIA, 2003).

Os estudos também descrevem que os exercícios devem fazer parte de um plano personalizado e adaptados segundo as metas, necessidades e preferências individuais. O número e a frequência de sessões supervisionadas e exercícios em casa devem ser determinados em consulta com o paciente. E dados os benefícios comprovados de manter o efeito do tratamento, sessões de reforço planejadas após o tratamento inicial são recomendadas (VAN DOORMAAL *et al.*, 2020).

Outros autores relatam que as recomendações para tratamento desses pacientes abrangem a educação, perda de peso e uso de dispositivos auxiliares (TEO *et al.*, 2019). A educação adaptada às necessidades individuais do paciente, é componente essencial do tratamento conservador (VAN DOORMAAL *et al.*, 2020). A interpretação da literatura foi dificultada pelo fato que a oferta de educação e terapia de exercício é geralmente inseparável na prática. Esses autores relatam ainda que a educação presencial deve, em todos os casos, ser complementada com informações escritas ou on-line na forma de folhetos, manuais, sites ou vídeos de qualidade comprovada. Ainda sobre educação do paciente, a Sociedade Brasileira de Reumatologia (COIMBRA IB, 2003) aponta que o esclarecimento sobre a doença deve ser no sentido de salientar que a doença não é sinônimo de envelhecimento e está relacionada com a capacidade funcional, sendo que a intervenção terapêutica poderá trazer considerável melhora na qualidade de vida. O profissional deve motivar e envolver o paciente no seu tratamento, pois o paciente é um agente ativo no seu programa de reabilitação.

Há alguns anos foi introduzido o uso da realidade virtual (RV) como uma nova abordagem terapêutica em vários setores da reabilitação (CYRILLO, 2018; GOMES *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2011; WIBELINGER L. M., 2013). A realidade virtual pode ser definida

como uso interativo de simulações criadas por computadores atuais com oportunidades para se envolver em ambientes que parecem ser semelhantes aos do mundo real (WANG *et al.*, 2011). Destacam-se como benefícios da reabilitação virtual a experimentação multissensorial através de estímulos visuais e sonoros aumentando a atenção, coordenação motora, equilíbrio, força e também despertando o interesse em realizar tarefas com número maior de repetições por ser uma atividade lúdica, além da restauração do bem-estar físico e mental (CYRILLO, 2018; GOMES *et al.*, 2020).

Estudos foram realizados mostrando o efeito do uso do videogame na reabilitação de pacientes com OA de joelho. Cyrillo, F. N. (2018) realizou um ensaio clínico randomizado aleatorizado e cegado, para avaliar o uso de videogame no tratamento de pacientes com OA de joelho. Obteve como resultado melhora importante da dor e força muscular em um dos grupos experimentais, no qual foi utilizado o Kinect, sendo o único grupo que apresentou resultado significativo (CYRILLO, 2018; WIBELINGER, L. M. *et al.*, 2013) testaram o Wii em mulheres idosas com OA em joelhos e observaram que as idosas submetidas à fisioterapia convencional (grupo I) apresentaram em relação à wiiterapia (grupo II) menores escores de dor e incapacidade após a intervenção. Os escores de rigidez e equilíbrio foram melhores nas pacientes que fizeram wiiterapia, com significância estatística em ambos os itens (WIBELINGER L. M., 2013). Outro estudo realizado em 2020, comparou os efeitos do videogame e do exercício terapêutico tradicional em pacientes com OA de joelho. Como conclusão, observaram que em ambos os grupos, exercícios terapêuticos e videogame, os pacientes melhoraram similarmente a queixa de dor, no entanto, o grupo do videogame teve melhor desempenho no equilíbrio dinâmico, no desempenho físico funcional e melhor saúde física do que o grupo dos exercícios terapêuticos (LIN *et al.*, 2020).

A RV tem sido utilizada para treino do controle postural e alguns estudos mostraram efeitos da RV nos ajustes posturais antecipatórios, em idosos frágeis (BOURRELIER *et al.*, 2021; KUBICKI *et al.*, 2014) e em indivíduos com lombalgia inespecífica (LI *et al.*, 2021), mostrando que a RV pode ser uma potencial intervenção para melhorar os APAs nesses indivíduos. Não há ainda na literatura estudos que utilizaram a RV para melhora do controle postural, como os APAs, em pacientes com OA de joelho.

2.3 CAPÍTULO 3 – AJUSTES POSTURAIIS ANTECIPATÓRIOS NO INÍCIO DA MARCHA

A iniciação da marcha é uma tarefa altamente coordenada e que envolve uma sequência correta de preparação e execução do movimento. Movimentos voluntários, como o início da marcha, são precedidos por APAs, cuja função é reduzir o efeito das perturbações corporais futuras com correções antecipatórias (ESFANDIARI *et al.*, 2020; FARINELLI *et al.*, 2021; MARTINEZ-MENDEZ *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2010).

Os APAs durante a iniciação da marcha ocorrem antes do movimento de deslocamento amplo dos membros inferiores (i.e. saída do calcanhar do solo), e tem a finalidade de gerar as forças e momentos essenciais para impulsionar o centro de gravidade (CG) para frente e em direção ao membro de apoio. Ocorre um deslocamento posterior e lateral do centro de pressão (COP), em direção ao calcanhar do membro oscilante e, dessa forma, o membro inicia a marcha e se prepara para a transferência de peso da postura bípede para a fase monopodal em pé. Em seguida, ocorre o movimento do COP no eixo lateral, agora em direção ao calcanhar do membro de apoio. Os APAs atuam acelerando o centro de massa corporal para frente e lateralmente em direção à perna de apoio, deslocando o COP posteriormente e em direção à essa mesma perna (ESFANDIARI *et al.*, 2020; FARINELLI *et al.*, 2021; MARTINEZ-MENDEZ *et al.*, 2011).

Os APAs estão associados à ativação ou inibição dos músculos do tronco e das pernas antes da perturbação real do equilíbrio e a literatura descreve os componentes da APA de iniciação da marcha nos planos sagital e frontal (ESFANDIARI *et al.*, 2020; FARINELLI *et al.*, 2021; MARTINEZ-MENDEZ *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2010). Alguns estudos mostraram que antes de ocorrer qualquer movimento do corpo, dois eventos eletromiográficos distintos ocorrem no início da marcha: supressão da atividade tônica no músculo sóleo em pé e, após cerca de 100 ms, uma explosão de atividade no músculo tibial anterior (TA) (CRENNA & FRIGO, 1991; HONEINE *et al.*, 2016). Mostraram que antes de iniciar o passo, o COP deslocou para a lateral e para trás em direção a perna de balanço, e este foi o primeiro evento mecânico detectável, que iniciou de 100 a 200 ms após o início da inibição do sóleo e foi máxima após o pico da explosão de TA. Os autores relatam que, como os isquiotibiais e o gastrocnêmio permanecem sem atividade eletromiográfica durante os APAs, o único candidato responsável por trazer o membro para frente e iniciar a flexão do joelho é o TA que está ativo durante os APAs.

Quanto aos componentes da APA no plano frontal, Honeine J. L. e colaboradores (2016) observaram flexão do joelho da perna de apoio, ativação de TA e tensor da fâscia lata (TFL) da perna oscilante durante os APAs. Observaram que quando a atividade tibial da perna de apoio era baixa, a atividade do TFL era grande e vice-versa, e que a ativação coordenada dos abdutores do quadril e dorsiflexores do tornozelo durante a APA desloca o COP em direção à perna de balanço e define a posição de contato para o pé de balanço (HONEINE *et al.*, 2016).

Até o momento, poucos estudos avaliaram os APAs para iniciar a marcha em indivíduos com OA de joelhos. Descreveram que essa população apresentou menores amplitudes de APA nos eixos médio-lateral (ML) e anteroposterior (AP), quando comparado a um grupo controle saudável (ESFANDIARI *et al.*, 2020; KATOH, 2019; VITON *et al.*, 2000). Além disso, observaram maior duração e menor velocidade na fase APA em comparação aos controles, demonstrando que indivíduos com OA de joelho adotam diferentes estratégias na iniciação da marcha (ESFANDIARI *et al.*, 2020) e que a severidade da doença se relaciona com a piora dos parâmetros de APA (DA SILVA SOARES *et al.*, 2020a).

2.4 CAPÍTULO 4 – INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AVALIAÇÃO DOS APAs

Para avaliação dos APAs, são utilizadas tecnologias de ponta, como a cinemática por filmagens de vídeo e a plataforma de força. Embora sejam consideradas padrão ouro para obter medidas confiáveis, essas tecnologias são dispendiosas, de difícil transporte e requerem manejo especializado, o que torna impraticável seu uso em ambientes clínicos e centros esportivos (AL-AMRI *et al.*, 2018; AMICI *et al.*, 2021).

Sensores inerciais vem sendo utilizados para suplantar essa problemática. Uma unidade de medida inercial (IMU) é composta por acelerômetros, giroscópios e sensores magnéticos combinados com um algoritmo de fusão. A IMU pode ser anexada a um segmento do corpo para estimar o movimento desse segmento no espaço. Quando combinado com outras IMUs em segmentos corporais adjacentes, a cinemática de movimentos pode ser calculada. Alguns pesquisadores propuseram o uso de sensores inerciais de baixo custo como uma alternativa para avaliar os movimentos humanos como, por exemplo, marcha de indivíduos saudáveis (AL-AMRI *et al.*, 2018; AUVINET *et al.*, 2002), agachamento e salto (AL-AMRI *et al.*, 2018), para detectar quedas e classificar caidores (BET P, 2019), para detectar alterações na postura (Wong

& Wong, 2008) e também para avaliar APAs (BONORA *et al.*, 2015a; DA COSTA M. *et al.*, 2022a; DESAI *et al.*, 2021).

Estudos demonstraram que os parâmetros de APA para iniciar a marcha podem ser avaliados por acelerômetros em indivíduos saudáveis (DA COSTA M *et al.*, 2022a), em pacientes com Doença de Huntington (DESAI *et al.*, 2021), e em Doença de Parkinson (BONORA *et al.*, 2015a, 2017). Alguns desses estudos validaram o uso dos sensores inerciais vestíveis para avaliação dos APAs no início da marcha e também observaram que os sensores inerciais foram sensíveis para discriminar indivíduos saudáveis de indivíduos doentes (BONORA *et al.*, 2015a, 2017).

Além do uso de sensores inerciais de mercado, autores desenvolveram e validaram um aplicativo para celular que avalia os APAs durante a iniciação da marcha. As acelerações do centro de massa de 18 indivíduos saudáveis foram medidas por um aplicativo que lia os sensores inerciais do smartphone e pela cinemática com um marcador reflexivo posicionado na coluna lombar. Este estudo demonstrou que o uso do aplicativo de celular é válido para avaliação dos APAs durante a iniciação da marcha quando comparado com o instrumento padrão ouro (DA COSTA MORAES *et al.*, 2022a).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a validade e confiabilidade do uso de um acelerômetro na avaliação dos APAs durante a iniciação do passo e avaliar se a utilização da realidade virtual com recurso do videogame, associado ao tratamento fisioterapêutico convencional, apresentam efeitos superiores no ajuste postural antecipatório na iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os parâmetros a seguir dos APAs no início da marcha entre os instrumentos de medida Cinemetria e Acelerômetros:

- APAlatency é a latência da APA, momento em que acontece o primeiro desvio médio-lateral que excede dois desvios padrões acima da linha de base;
- APAamp compreende o máximo deslocamento médio-lateral do COM antes da saída do calcanhar.
- Verificar a reprodutibilidade de todas essas medidas.
- Comparar APAlatency e APAamp antes e após os protocolos de intervenção.
- Avaliar o equilíbrio dinâmico através da escala Mini-BESTest e a capacidade física através do questionário WOMAC antes e após os protocolos de intervenção.

ARTIGO 1:**VALIDAÇÃO E CONFIABILIDADE DE UM ACELERÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DOS AJUSTES POSTURAIIS ANTECIPATÓRIOS DURANTE A INICIAÇÃO DO PASSO EM PACIENTES COM OSTEOARTRITE DE JOELHO**

Luana Karine Resende Oliveira^{1 e 4}, Yuzo Igarashi¹, Karen Flaviane Assis Andrade¹, Givago Silva Souza^{2,3} e Bianca Callegari^{1*}.

1 Laboratório de Estudos da Motricidade Humana, Av. Generalíssimo Deodoro 01, Belém 66073-000, PA, Brasil; luana.oliveira82@hotmail.com (L. K. R. O.); yuzoigarashi@yahoo.com.br (Y. I.);

2 Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, R. Augusto Corrêa 01, Belém 66075-110, PA, Brasil; givagosouza@ufpa.br;

3 Núcleo de Medicina Tropical, Universidade Federal do Pará, Avenida Generalíssimo Deodoro 92, Belém, 66055-240, PA, Brasil;

4 Associação das Pioneiras Sociais, SMHS Quadra 301 Bloco B nº 45 Entrada A Edifício Pioneiras Sociais - Terceiro Andar. Bairro SMHS, Brasília 70.334-900, DF, Brasil; comiteeticapesquisa@sarah.br; 13863@sarah.br;

* Correspondence: callegari@ufpa.br

RESUMO

Introdução: Idosos com níveis severos e moderados de osteoartrite de joelho tem estratégia adaptativa para realizar a iniciação da marcha, que é significativamente alterada pelo nível de gravidade da osteoartrite do joelho. Nos últimos anos, sensores inerciais vêm sendo utilizados para avaliar os ajustes posturais antecipatórios (APAs) para iniciação da marcha, uma vez que a cinemetria, considerada o padrão ouro, é cara, de difícil transporte, requer calibração e instalação adequada, tornando-se inviável seu uso em ambientes clínicos. Não há, na literatura estudos que validaram o uso de acelerômetros para avaliação da iniciação da marcha em indivíduos com Osteoartrite de Joelho e nem avaliaram a sua confiabilidade, fato este que reforça a necessidade de desenvolvimento de pesquisas nessa área com esse objetivo. **Objetivo:** o presente estudo buscou validar o uso de um acelerômetro comercial *Metamotion C* para mensurar os APAs durante a iniciação da marcha em indivíduos com Osteoartrite de Joelho, bem como testar sua confiabilidade. **Materiais e métodos:** 29 sujeitos foram avaliados por meio de um acelerômetro comercial *Metamotion C* e por um sistema de câmeras – cinemetria

com um marcador reflexivo em vértebra lombar e calcâneo. Os sujeitos iniciaram o passo após o comando randomizado do experimentador, e tiveram variáveis extraídas do protocolo: $APA_{latency}$, APA_{amp} . **Resultados:** houve correlação linear estatisticamente significativa entre todas as variáveis. A variável $APA_{latency}$ apresentou correlação quase perfeita ($r = 0,9715$; $p < 0,00001$) e a variável APA_{amp} ($r = 0,7358$; $p < 0,00001$) correlação grande. As medidas mostraram confiabilidade alta a muito alta para correlação intraclass para as variáveis amplitude e latência da cinemática e acelerômetro. Dessa forma, concluímos que o *Metamotion C* é válido e apresenta alta confiabilidade para avaliação de APAs na iniciação do passo em indivíduos com osteoartrite de joelho.

Palavras-chave: iniciação da marcha; osteoartrite de joelho; ajuste postural antecipatório; sensores inerciais.

ABSTRACT

Introduction: Elderly people with severe and moderate levels of knee osteoarthritis have an adaptive strategy to perform gait initiation, which is significantly altered by the level of severity of knee osteoarthritis. In recent years, inertial sensors are used to assess anticipatory postural adjustments (APAs) in gait initiation, once kinemetry, the gold standard, is considered difficult to transport, needs the proper installation and calibration, making its use infeasible in clinics. There is no studies in the literature that validated and performed the reliability the use of accelerometer to assess the initiation of gait in Knee Osteoarthritis, a fact that reinforces the need to develop research in this area with this objective. **Objective:** The present study sought validate the use of a commercial Metamotion C accelerometer to measure APAs during gait initiation in Knee Osteoarthritis, as well as to test its reliability. **Materials and methods:** 29 subjects were evaluated using a commercial Metamotion C accelerometer and by a camera system – kinemetry with a reflective marker in lumbar vertebra and calcaneus. Subjects started the step after the randomized command from evaluator, and had all protocol variables: $APA_{latency}$, APA_{amp} . **Results:** there was a statistically significant linear correlation between all variables. The variable $APA_{latency}$ presented an almost perfect correlation ($r = 0.9715$; $p < 0.00001$) and the variable APA_{amp} ($r = 0.7358$; $p < 0.00001$) a high correlation. The measurements showed high to very high reliability for intraclass correlation for the variables amplitude and latency from kinematics and accelerometer. Thus, we conclude that the

Metamotion C is valid and has high reliability for the assessment of APAs at gait initiation in individuals with Knee Osteoarthritis.

Keywords: gait initiation, knee osteoarthritis, anticipatory postural adjustment, inertial sensors.

INTRODUÇÃO

Manter a postura corporal diante de perturbações exige que o Sistema Nervoso Central (SNC) utilize estratégias de ajustes posturais (Moore *et al.*, 1992; Santos *et al.*, 2010; Shiozawa *et al.*, 2015). Os ajustes posturais antecipatórios (APAs) consistem em alterações nos músculos posturais de maneira antecipada ao início de um movimento voluntário, para prevenir ou minimizar perturbações mecânicas que possam gerar o deslocamento do centro de gravidade (Cavallari *et al.*, 2016a; Farinelli *et al.*, 2021). O padrão particular de atividade postural antecipatória é específico da tarefa voluntária a ser realizada, porém é temporal e espacialmente adaptável de acordo com as variáveis da tarefa como velocidade, deslocamento, carga, simetria e apoio postural (Cavallari *et al.*, 2016a; Farinelli *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2010).

A iniciação da marcha é uma tarefa altamente coordenada e que demanda ajustes antecipatórios, anteriores ao primeiro passo (Esfandiari *et al.*, 2020; Farinelli *et al.*, 2021; Martinez-Mendez *et al.*, 2011). O ajuste postural antecipatório (APA) para o início do passo ocorre antes do movimento de deslocamento amplo dos membros inferiores (i.e. saída do calcanhar do solo), e tem a finalidade de gerar as forças e momentos essenciais para impulsionar o centro de gravidade (CG) para frente e em direção ao membro de apoio. Essa APA é caracterizada por um deslocamento posterior do centro de pressão (CoP) e no sentido lateral, em direção ao calcanhar do membro oscilante. Dessa forma, o membro inicia a marcha e se prepara para a transferência de peso da postura bípede para a fase monopodal em pé. Em seguida, ocorre o movimento do CoP no eixo lateral, agora em direção ao calcanhar do membro de apoio (Esfandiari *et al.*, 2020; Farinelli *et al.*, 2021; Martinez-Mendez *et al.*, 2011).

A Osteoartrite (OA) é uma doença reumática crônica que afeta as articulações sinoviais, principalmente o joelho, e é caracterizada por dor, incapacidade e perda progressiva da função (Coimbra *et al.*, 2019; Ettinger & AFABLE, 1994; Framingham *et al.*, 1987). As tarefas que suportam o peso corporal, como deambular, subir degraus e iniciar o passo, estão entre as mais difíceis para os indivíduos acometidos pela OA de joelho (Ettinger & AFABLE, 1994; Framingham *et al.*, 1987). Por conseguinte, a marcha nesses indivíduos apresenta características divergentes do padrão normal, como redução na amplitude de movimento do joelho e na velocidade da marcha (Radin *et al.*, 1991).

Até o momento, poucos estudos avaliaram os APAs para iniciar a marcha em indivíduos com OA de joelhos e descreveram que essa população apresentou menores amplitudes de APA

nos eixos médio-lateral (ML) e anteroposterior (AP), quando comparado a um grupo controle saudável (Esfandiari *et al.*, 2020; Katoh, 2019; Viton *et al.*, 2000). Além disso, observaram maior duração e menor velocidade na fase APA em comparação aos controles, demonstrando que indivíduos com OA de joelho adotam diferentes estratégias na iniciação da marcha (Esfandiari *et al.*, 2020), e que a severidade da doença se relaciona com a piora dos parâmetros de APA (da Silva Soares *et al.*, 2020b). Para encontrar esses resultados, esses estudos utilizaram tecnologias de ponta, como a cinemática por filmagens de vídeo e a plataforma de força. Embora sejam consideradas o padrão ouro para obter medidas confiáveis, essas tecnologias são dispendiosas, de difícil transporte e requerem manejo especializado, o que torna impraticável seu uso em ambientes clínicos e centros esportivos (Al-Amri *et al.*, 2018).

Sensores inerciais vem sendo utilizados para suplantar essa problemática e estudos demonstraram que os parâmetros de APA para iniciar a marcha podem ser avaliados por acelerômetros, em indivíduos saudáveis (da Costa Moraes *et al.*, 2022a) em pacientes com Doença de Huntington (Desai *et al.*, 2021) e Doença de Parkinson (Bonora *et al.*, 2015b, 2017).

Embora o desenvolvimento de sensores inerciais para avaliação do equilíbrio, marcha e aplicação clínica em pacientes esteja em crescimento, a literatura ainda não aponta estudos que validaram do uso de acelerômetros para avaliação dos APAs na iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho e nem avaliaram a sua confiabilidade, fato este que reforça a importância da presente pesquisa. Dessa forma, o presente estudo buscou validar o uso de um acelerômetro comercial *Metamotion C* (Mbientlab, *MetaMotionC*, EUA) para mensurar os APAs durante a iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho, bem como testar sua confiabilidade. A hipótese é de que o acelerômetro comercialmente disponível seja capaz de avaliar os ajustes posturais na iniciação da marcha nesses indivíduos, com validação relativa a cinemetria, que é padrão ouro, e com confiabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 29 indivíduos com diagnóstico de Osteoartrite de Joelho com grau de Kellgren-Lawrence 2, 3 ou 4 em pelo menos um joelho (Kellgren & Lawrence, 1957),

encaminhados por Ortopedista e/ou Reumatologista externos, de ambos os sexos, com idade superior a 50 anos e dados demográficos conforme tabela 1.

Tabela 1. Dados demográficos dos participantes

Características dos participantes	
Idade (anos)	60.8 (7.0)
IMC (kg/m²)	30.9 (5.4)
Sexo (fem/masc)	21 / 8
Lateralidade (%)	
Bilateral	18 (62.06)
Esquerdo	4 (13.79)
Direito	7 (24.13)
Gravidade (%)	
Grau 2	13 (44.82)
Grau 3	12 (41.37)
Grau 4	4 (13.79)

Fonte: do autor

Todos os procedimentos utilizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética da Associação das Pioneiras Sociais sob o parecer 4.698.811 CAEE: 44872721.5.0000.0022. Todos os participantes que aceitaram participar da pesquisa assinaram o TCLE. A triagem e as avaliações da pesquisa foram realizadas no Laboratório de Estudos da Motricidade Humana (LEMOH) da Universidade Federal do Pará, localizado na Avenida Generalíssimo Deodoro, n 01 CEP 66055-240, Belém- PA e no Hospital SARAH Belém, cujo endereço é Rodovia Arthur Bernardes, n. 1000, CEP 66115-000.

Indivíduos com histórico prévio de cirurgias ortopédicas, fraturas, doenças neurológicas, dificuldade cognitiva autorrelatada que afete os procedimentos da coleta, gravidez, perda de sensibilidade protetora do pé e indivíduos que não estejam clinicamente estáveis foram excluídos do estudo.

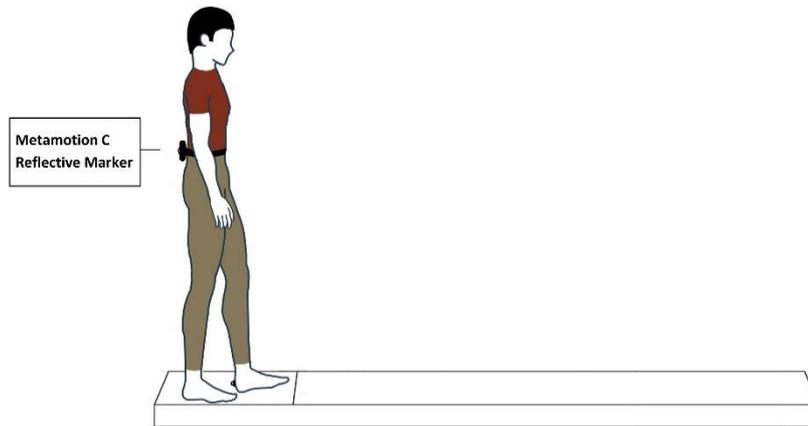
Instrumentos

Utilizou-se dois instrumentos para mensurar e registrar as acelerações do centro de massa (COM), nos três eixos, durante a iniciação do passo. Foi fixado um marcador reflexivo na quinta vértebra da coluna lombar (L5) e no calcâneo esquerdo para marcar o momento de saída do calcanhar do solo, a uma frequência de amostragem de 120 Hz para registrar as acelerações do COM nos eixos de análise de um sistema tridimensional com três câmeras (Simi Motion, Simi, Germany); utilizou-se ainda um sensor inercial sem fio posicionado em L5 (Mbientlab, *MetaMotionC*, EUA) que se trata de um dispositivo triaxial, com aproximadamente 25mm x 4mm de diâmetro, ultraleve com apenas 0,2g, bateria de 200mAH substituível, com transferência de dados via bluetooth Low Energy Smart®. Os dados de aceleração nos eixos X, Y e Z foram coletados em 100 Hz.

Protocolo Experimental

Os sujeitos foram orientados a ficar em bipedestação e descalços com os braços ao longo do corpo. O acelerômetro *Metamotion C* foi fixado na região da quinta vértebra da coluna lombar (L5) por uma cinta de neoprene e um marcador reflexivo foi posicionado sobre ele para aquisição das filmagens do sistema de cinemática (Figura1). Fixou-se um marcador reflexivo no calcâneo esquerdo para marcar o momento de saída do calcanhar do solo. Para sincronização dos dois instrumentos de avaliação, os sujeitos foram orientados previamente ao início do protocolo, a pular verticalmente, no mesmo lugar, para o alinhamento dos registros, realizado pelo pico do sinal no eixo vertical, que caracteriza o momento do impacto com o solo.

Figura 1 - Indivíduo em bipedestação com o Metamotion C na vértebra L5 e o marcador reflexivo no calcâneo esquerdo e na L5.



Fonte: do autor

Os sujeitos permaneceram em pé em uma passarela de 2 metros sobre marcas desenhadas no solo, a fim de controlar a posição inicial dos pés. Os calcanhares foram separados médio-lateralmente por 6 cm mensurados por fita métrica. O sujeito focalizou uma marca ao nível dos olhos na parede a uma distância de 3 m e deu um passo à frente ao ver uma luz acender, após acionamento pelo pesquisador. A hora do comando foi auto selecionada sem anúncio prévio. Antes da gravação, os sujeitos foram solicitados a realizar uma etapa para compreensão. Foram realizadas dez tentativas, sempre iniciadas com o mesmo membro inferior (esquerdo), onde estava fixado o marcador reflexivo. A padronização pelo início com o membro esquerdo deu-se em decorrência de mais de 80% da amostra apresentar OA deste lado.

Processamento do Sinais

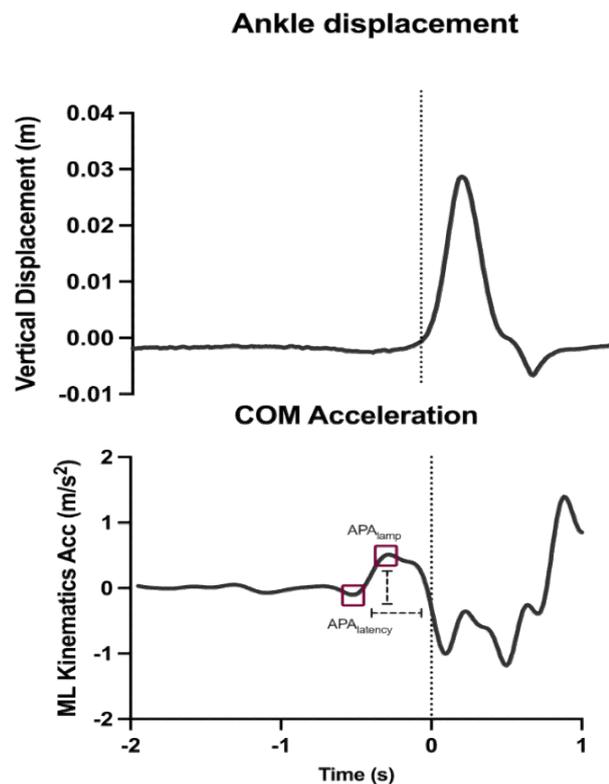
A sincronização e análise offline foi realizada por meio do programa MatLab (MathWorks, Natick, MA, EUA). O início do passo (Tzero) foi definido como o momento da saída do calcânhar do solo, registrado a partir da trajetória vertical do marcador reflexivo posicionado nesse local. Com a demarcação do Tzero, os ensaios dentro de cada série foram calculados para cada indivíduo. As acelerações do COM na direção médio lateral (ML) foram analisadas e extraídas dos registros dos instrumentos de medida. As coordenadas dos dados brutos no eixo ML foram geradas a partir da análise de vídeo e do *Metamotion C*. Utilizou-se

um Butterworth de segunda ordem de passa-baixa de 30 Hz para filtragem dos sinais e foram calculados e exportados parâmetros antecipatórios (anteriores ao Tzero) (Figura 2):

(1) $APA_{latency}$: é a latência da APA, momento em que acontece o primeiro desvio mediolateral que excede dois desvios padrões acima da linha de base, anterior ao Tzero;

(2) APA_{amp} : compreende o máximo deslocamento médio-lateral do COM antes da saída do calcanhar (Tzero).

Figura 2. Curva de aceleração médio-lateral e variáveis de mensuração.



Nota: Linha pontilhada representa o momento da saída do calcanhar do solo.

Fonte: do autor.

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com o software GraphPad PRISM 9. Realizou-se o teste de Shapiro-wilk para análise da normalidade das variáveis. Uma vez que parte das variáveis não apresentaram distribuição normal ($APA_{latency}$ com $p=0.0063$ e APA_{amp} $p=0.0129$),

a descrição dos dados foi realizada por meio de gráfico boxplot, apresentando a mediana na linha central, as bordas superior e inferior (percentis 75 e 25) e os valores de dados mínimo e máximo. A média foi representada no interior do boxplot. Foi aplicado o teste de Wilcoxon para comparar as diferenças de medidas entre os dispositivos para verificar a ausência de viés sistemático.

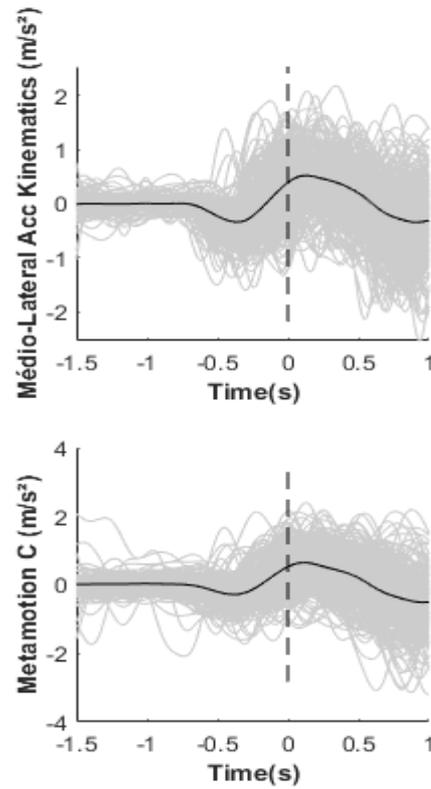
Para a validação, as variáveis mensuradas, em ambos os dispositivos, foram correlacionadas pelo teste de correlação de Spearman (r). Nos testes de correlação, a concordância ponto a ponto entre os sistemas foi estimada por sujeito para cada variável do COM medida, os valores r estimados e intervalos de confiança foram relatados. Os coeficientes de correlação de Spearman (r) foram interpretados com limiares de magnitude de 0 – 0,1: trivial; 0,1 – 0,3: pequena; 0,3 – 0,5: moderada; 0,5 – 0,7: grande; 0,7 – 0,9: muito grande e 0,9 – 1,0: quase perfeita (Abbott et al., 2020). Em seguida, foram utilizados os gráficos de Bland-Altman com limites de concordância de 95% (média \pm 2 SD) traçados para comparar os valores dos equipamentos.

A confiabilidade dos registros intra-sessão foi calculada por meio do modelo aleatório bidirecional de intraclassa coeficiente de correlação (ICC) e interpretados de acordo com a classificação de Shrout e Fleiss onde $ICC \geq 0,75$ indica excelente correlação, 0,74 – 0,4: indica correlação razoável a alta e $ICC \leq 0,39$ indica correlação baixa (Al-Amri et al., 2018; Shrout & Fleiss, 1979). O nível de significância foi definido como $p < 0,05$. Além disso, o erro padrão de medição (EPM) foi calculado como a raiz quadrada do termo de erro quadrado médio derivado da análise de variância. A Mínima Mudança Detectável (MMD) foi considerada como 95% CI de EPM para estimar as mudanças entre cada 2 medições que podem ser clinicamente significativas (Haley & Fragala-Pinkham, 2006).

RESULTADOS

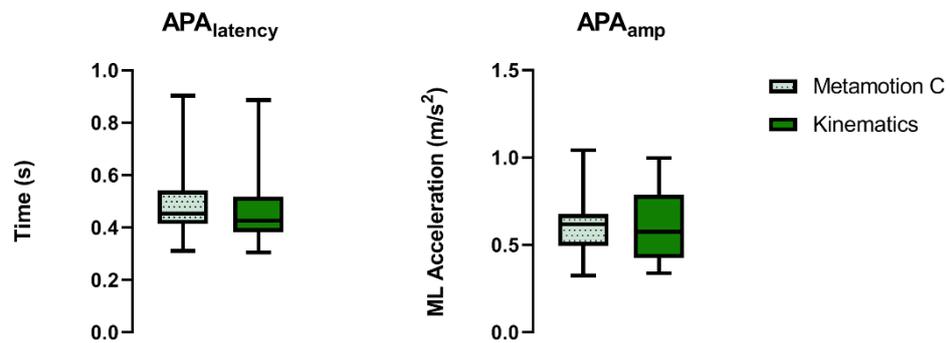
Não houve diferença significativa entre as medidas da cinemática e do acelerômetro para as variáveis $APA_{latency}$ e APA_{amp} . A figura 3 mostra a resultante de todos os trials de todos os sujeitos, com ambos os dispositivos, acelerômetro e cinemática. A figura 4 representa a média das variáveis, obtida pelos registros de ambos os instrumentos de medida.

Fig 3. Resultante de todos os trials de todos os sujeitos realizados com acelerômetro e cinemetria.



fonte: do autor

Figura 4. Análise da média e desvio padrão dos sujeitos, em ambos os instrumentos – Cinemetria e *Metamotion C*.



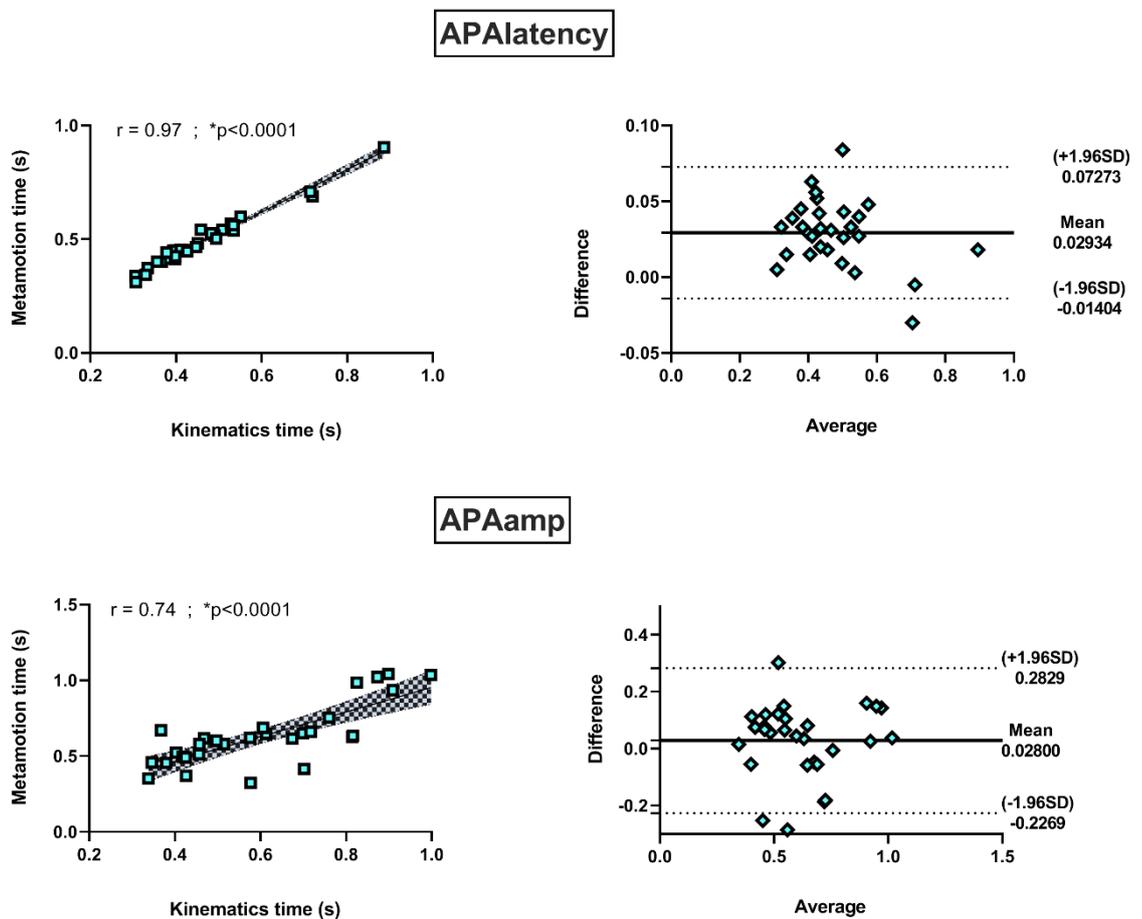
Nota: As variáveis do estudo são representadas acima. A: APA_{latency}; B: APA_{am}.

Fonte: do autor

Validação

Houve correlação linear entre as medidas registradas pelos dois instrumentos de medida. A variável $APA_{latency}$ apresentou correlação quase perfeita ($r = 0,9715$; $p < 0,00001$) e a variável APA_{amp} correlação muito grande ($r = 0,7358$; $p < 0,00001$). A concordância entre as medidas pode ser verificada também nos gráficos de Bland-Altman, uma vez que a média das diferenças apresenta pouca dispersão. Os resultados indicam, portanto, que o *Metamotion C* foi capaz de avaliar os ajustes posturais na iniciação da marcha assim como a cinemetria (Figura 5).

Figura 5. Gráficos de correlação linear e gráficos de correlação de Bland Altman evidenciando alta correlação entre os instrumentos de avaliação.



Nota: Onde $r \geq 0,97$ representa correlação quase perfeita, $r \geq$ que 0.74 representa correlação muito grande e o asterisco (*) representa os valores que obtiveram significância estatística ($p \leq 0.001$).

Fonte: do autor

Confiabilidade

As medidas encontradas nesse estudo mostraram confiabilidade alta (Shrout & Fleiss, 1979) na correlação intraclassa para as variáveis $APA_{latency}$ e APA_{amp} da cinemática e acelerômetro (tabela 2). Pode-se perceber também similaridade no MMD das variáveis $APA_{latency}$ e APA_{amp} entre os instrumentos de medida.

Tabela 2. Confiabilidade Intra-sessão

Confiabilidade Intra-sessão			
	ICC	EPM	MMD
Kinematic			
APA_{amp}	0.877*	0.087	0.202
$APA_{latency}$	0.871*	0.047	0.109
Metamotion			
APA_{amp}	0.890*	0.009	0.220
$APA_{latency}$	0.844*	0.050	0.115

Nota: ICC: Coeficiente de Correlação Intra-classe; EPM: Erro Padrão da Medida; MMD: Mínima Mudança Detectável; * $p < 0.001$.

Fonte: do autor

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a validade e confiabilidade do uso de um acelerômetro comercial *Metamotion C* para mensurar os APAs durante a iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho, comparando com as medidas obtidas pela cinemetria. Hipotetizamos que o acelerômetro comercialmente disponível seja capaz de avaliar os ajustes posturais antecipatórios na iniciação da marcha nesses indivíduos, com validação relativa ao padrão ouro e com boa confiabilidade. Os resultados obtidos confirmaram nossa hipótese uma

vez que houve alta correlação entre as medidas de ambos os instrumentos, tanto na variável $APA_{latency}$, como APA_{amp} . Os resultados indicam, portanto, que o *Metamotion C* foi capaz de avaliar os ajustes posturais na iniciação da marcha assim como a cinemetria. As medidas também mostraram confiabilidade alta a muito alta para correlação intraclasse para as variáveis amplitude e latência da cinemática e do acelerômetro.

Embora não tenham estudado a fase APA, alguns estudos validaram o uso do sensor inercial para análise de marcha em pacientes com OA de joelho. Annalisa Na e Thomas S. Buchanan (NA & BUCHANAN, 2021) mostraram que a instabilidade do joelho autorreferida entre pacientes com OA de joelho moderada a grave é quantificável com sensores vestíveis e pode ser validado ao comparar com dados obtidos através da plataforma de força e cinemetria na fase de médio apoio durante a marcha. Jun Sun *et al.* (2017) realizaram um estudo que comprovou a validade e confiabilidade do acelerômetro e giroscópio na medição de variáveis espaço-temporais da marcha em pessoas com osteoartrite de joelhos, como cadência, comprimento do passo, velocidade e contagem de passos; as medidas desse estudo também foram comparadas com sistema de análise de movimento 3D.

Embora estudos atuais como os supracitados mostrem evidências quanto ao uso da tecnologia móvel na avaliação do equilíbrio, variáveis espaço-temporais da marcha e suas aplicações clínicas, a comparação dos resultados do presente estudo com a literatura atual torna-se inviável, pois até o presente momento, não se encontra estudos que utilizaram sensores inerciais para avaliar os ajustes posturais antecipatórios na iniciação da marcha em pacientes com OA de joelho, fato que torna o presente estudo inovador.

Uma vez que a iniciação da marcha, marcada pela transição de um estado estático para dinâmico, coloca desafios aos sistemas responsáveis pelo controle postural (WINTER, 1995), ela requer APAs para prevenir uma grande desestabilização (MACKINNON *et al.*, 2007; WINTER, 1995), o que torna esse indicador importante de se considerar na avaliação da população com AO de joelho. Idosos frequentemente sofrem quedas enquanto se deslocam por curtas distâncias, sugerindo que esta população tem dificuldade em manter estabilidade durante esta fase de transição (TINETTI *et al.*, 1995). Em geral, os idosos com distúrbios neurológicos ou musculoesqueléticos, como a osteoartrite, podem apresentar alterações nos sistemas envolvidos no controle do equilíbrio, causando dificuldades na marcha (STEWART *et al.*, 2018; UEMURA *et al.*, 2011; WINTER, 1995). As limitações na marcha e no equilíbrio

postural, por sua vez, são importantes predisponentes fatores para um risco aumentado de queda em idosos (UEMURA *et al.*, 2011).

O uso da cinemetria é considerado padrão ouro para obter medidas de controle postural confiáveis, no entanto, possui altos custos, difícil transporte, requer uma instalação adequada e calibração das câmeras, tornando-se impraticável em ambientes clínicos e centros esportivos. Assim, o presente estudo validou o uso de sensores inerciais para avaliação dos APAs em pacientes com OA de joelho e mostrou alta confiabilidade, demonstrando que podem ser uma alternativa para realizar esta avaliação pelos clínicos, facilitando sua implementação.

O presente estudo possui algumas limitações. Por questões técnicas do laboratório, o posicionamento do marcador reflexivo foi padronizado no calcâneo esquerdo e a saída era obrigatória com este pé. Uma vez que menos de 15% da amostra possui indivíduos com OA apenas à esquerda, a padronização de saída com esse lado poderia ser questionada. Há evidências, porém, demonstrando que o lado (acometido ou não) não alterou os APAs na iniciação da marcha em indivíduos com OA unilateral (VITON *et al.*, 2000). Outra limitação do estudo se refere a presença de amostra heterogênea com indivíduos com diferentes graus de OA de joelhos e diferentes idades. No entanto, este estudo comparou os sinais entre diferentes equipamentos de medidas, e é pioneiro na validação do acelerômetro para investigação de APAs adotados por indivíduos com AO de joelho.

Esta pesquisa confirmou a validade e confiabilidade do uso do Metamotion C em comparação com a cinemática, para iniciação da marcha em indivíduos com OA de joelho. Assim, há aplicabilidade de uso desse dispositivo em ambientes clínicos, já que é um instrumento de menor custo e de fácil instrumentação. Nossos resultados fornecem alguns insights sobre os APAs e poderiam auxiliar no desenvolvimento de intervenções direcionadas a melhora do controle postural nesses indivíduos

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J. C. *et al.* Validation of Inertial Sensor to Measure Barbell Kinematics across a Spectrum of Loading Conditions. *Sports*, 8(7), 2020. <https://doi.org/10.3390/sports8070093>
- AL-AMRI, *et al.* Inertial measurement units for clinical movement analysis: Reliability and concurrent validity. *Sensors (Switzerland)*, 18(3), 2018. <https://doi.org/10.3390/s18030719>
- AMICI, C. *et al.* Quantitative analysis of voluntary movement and anticipatory postural adjustments: a functional approach. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 24(15), 1660–1669, 2021. <https://doi.org/10.1080/10255842.2021.1906866>
- AUVINET, B., *et al.* Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. In *Gait and Posture (Vol. 16)*, 2022. www.elsevier.com/locate/gaitpost
- BERVOETS, D. C., *et al.* Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 61(3), 106–116, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.018>
- BET Patricia. Sensores inerciais moveis no rastreo e predicao de risco de quedas em idosos. 2019.
- BOHIL, C. J., ALICEA, B., & BIOCCA, F. A. Virtual reality in neuroscience research and therapy. In *Nature Reviews Neuroscience (Vol. 12, Issue 12)*, 2011. <https://doi.org/10.1038/nrn3122>
- BONORA, G., *et al.* A new instrumented method for the evaluation of gait initiation and step climbing based on inertial sensors: A pilot application in Parkinson’s disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1), 2015. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0038-0>
- BONORA, G., *et al.* Gait initiation is impaired in subjects with Parkinson’s disease in the OFF state: Evidence from the analysis of the anticipatory postural adjustments through wearable inertial sensors. *Gait and Posture*, 51, 218–221, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.10.017>
- BOUISSET, S., & ZATTARA, M.. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. *Vol. 20, Issue 8*, 1987.
- BOURRELIER, J. *et al.* Enhancement of anticipatory postural adjustments by virtual reality in older adults with cognitive and motor deficits: A randomised trial. *Geriatrics (Switzerland)*, 6(3), 2021. <https://doi.org/10.3390/geriatrics6030072>
- CARONNI, A., & CAVALLARI, P. Anticipatory postural adjustments stabilise the whole upper-limb prior to a gentle index finger tap. *Experimental Brain Research*, 194(1), 59–66, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1668-2>
- CAVALLARI, P. *et al.* The organization and control of intra-limb anticipatory postural adjustments and their role in movement performance. In *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 10, Issue OCT 2016. *Frontiers Media S. A.* <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00525>

- COIMBRA, I. B., PLAPLER, P. G., & DE CAMPOS, G. C. Generating evidence and understanding the treatment of osteoarthritis in Brazil: A study through Delphi methodology. *Clinics*, 74. 2019. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e722>
- COIMBRa IB, P. E. G. J. P. M. R. C. F. M. F. H. E.. Osteoartrite (Artrose): Tratamento. 2003.
- CRENNA, P., & FRIGO, C. A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. In *Journal of Physiology*, Vol. 437, 1991.
- CYRILLO, F. N. Efeito do uso de vídeo game na reabilitaçãode pacientes com Osteoartritede joelho. 2018.
- DA COSTA MORAES, A. A., *et al.* Validity and Reliability of Smartphone App for Evaluating Postural Adjustments during Step Initiation. *Sensors*, 22(8), 2022a. <https://doi.org/10.3390/s22082935>
- DA SILVA SOARES, F, *et al.* What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clinical Biomechanics*, 74, 51–57, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.02.007>
- DA SILVA SOARES, F. *et al.* What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clinical Biomechanics*, 74, 51–57, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.02.007>
- DESAI, R., *et al.* Evaluation of gait initiation using inertial sensors in Huntington’s Disease: insights into anticipatory postural adjustments and cognitive interference. *Gait and Posture*, 87, 117–122, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.021>
- Diretrizes, P. (n.d.). Autoria: Sociedade Brasileira de Reumatologia.
- DUARTE, M. B. *et al.* Wearable Inertial Sensor Approach for Postural Adjustment Assessments during Predictable Perturbations in Sport. *Sensors*, 22(21), 8272, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22218272>
- ESFANDIARI, E., *et al.* Gait initiation and lateral wedge insole for individuals with early knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*, 80, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105163>
- ETTINGER, W. H., & AFABLE, R. F. Physical disability from knee osteoarthritis - the role of exercise as an intervention. 1994.
- Farinelli, V., *et al.* A Novel Viewpoint on the Anticipatory Postural Adjustments During Gait Initiation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 2021. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.709780>
- FERNANDES, M. Tradução e validação do questionário de qualidade de vida específico para osteoartrose womac (Western Ontario and McMaster Universities) para a língua portuguesa. 2002.
- FLECK, S. J., & KRAEMER, W. J. (2017). *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular - 4ª Edição*.
- FRAMINGHAM, T., THE PREVALENCE OF IN THE KNEE OSTEOARTHRITIS ELDERLY Osteoarthritis Study. 1987.

FRANCHIGNONI, F. *et al.* Using psychometric techniques to improve the balance evaluation systems test: The mini-betest. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(4), 323–331, 2010. <https://doi.org/10.2340/16501977-0537>

FRANSEN, M. Exercise for osteoarthritis of the knee. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2015, Issue 1). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004376.pub3>

GOH, S. L. Efficacy and potential determinants of exercise therapy in knee and hip osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 62, Issue 5, pp. 356–365, 2019). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.006>

GOMES, V. M. DA S. A *et al.* Efeitos da utilização da reabilitação virtual nas alterações posturais de indivíduos idosos. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 46112–46124, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-296>

HALEY, S. M., & FRAGALA-PINKHAM, M. A. Number 5. In *Physical Therapy*, Vol. 86, 2006.

HARVEY, L. A., BROSSEAU, L., & HERBERT, R. D. Continuous passive motion following total knee arthroplasty in people with arthritis. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2014, Issue 2). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004260.pub3>

HONEINE, J. L., SCHIEPPATI, M., CRISAFULLI, O., & DO, M. C. The neuro-mechanical processes that underlie goal-directed medio-lateral APA during gait initiation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(AUG2016). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00445>

Imamura, M., *et al.* Radial extracorporeal shock wave therapy for disabling pain due to severe primary knee osteoarthritis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(1), 54–62, 2017. <https://doi.org/10.2340/16501977-2148>

Jan, M. H., *et al.* Investigation of clinical effects of high- and low-resistance training for patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 88(4), 427–436, 2008. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060300>

KATOH, H. Effect of lateral-wedge insole on the center of foot pressure and lower extremity muscle activity at gait initiation in patients with medial knee osteoarthritis. 2019.

KELLGREN, J. H., & LAWRENCE, J. S. Radiological assessment of osteo-arthritis. In *Ann. rheum. Dis.* 1957.

KUBICKI, A., *et al.* Motor-prediction improvements after virtual rehabilitation in geriatrics: Frail patients reveal different learning curves for movement and postural control. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 109–118, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.128>

KUŞ, G. *et al.* Sensory-Motor Training Versus Resistance Training in the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Rehabilitation*, 2022. 026921552211376. <https://doi.org/10.1177/02692155221137642>

- LI, Z., *et al.* The Effect of Virtual Reality Training on Anticipatory Postural Adjustments in Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Preliminary Study. *Neural Plasticity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9975862>
- LIN, Y. T., LEE, W. C., & HSIEH, R. L. Active video games for knee osteoarthritis improve mobility but not WOMAC score: A randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 63(6), 458–465, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.008>
- MACKINNON, C. D., *et al.* Preparation of anticipatory postural adjustments prior to stepping. *Journal of Neurophysiology*, 97(6), 4368–4379, 2007. <https://doi.org/10.1152/jn.01136.2006>
- MANIAR, R. N. *et al.* To use or not to use continuous passive motion post-total knee arthroplasty. Presenting functional assessment results in early recovery. *Journal of Arthroplasty*, 27(2), 2012. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.04.009>
- MARTINEZ-MENDEZ, R., SEKINE, M., & TAMURA, T. Detection of anticipatory postural adjustments prior to gait initiation using inertial wearable sensors. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8(1), 2011. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-17>
- MASSION, J. *Progress in Neurobiology Voi*, Vol. 38, 1992.
- MOORE, S. *et al.* Investigation of Evidence for Anticipatory Postural Adjustments in Seated Subjects Who Performed a Reaching Task. 1992.
- NA, A., & BUCHANAN, T. S. Validating Wearable Sensors Using Self-Reported Instability among Patients with Knee Osteoarthritis. *PM and R*, 13(2), 119–127, 2021. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12393>
- PALMER, S. *et al.* Transcutaneous electrical nerve stimulation as an adjunct to education and exercise for knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Arthritis Care and Research*, 66(3), 387–394, 2014. <https://doi.org/10.1002/acr.22147>
- R J JEFFERSON, J. J. C. B. M. AND M. W. W. (1990). The role of the quadriceps in controlling impulsive forces around heel strike.
- RADIN, E. L., *et al.* (1991). Relationship Between Lower Limb Dynamics and Knee Joint Pain. In *Journal of Orthopaedic Research*.
- ROGERS, M. W., & PAI, Y.-C. (1990). Experimental Brain Research Dynamic transitions in stance support accompanying leg flexion movements in man. In *Exp Brain Res* (Vol. 81).
- SANTOS, M. J., KANEKAR, N., & ARUIN, A. S. (2010). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.006>
- SHI, J., *et al.* (2016). Effect of ultrasound therapy for knee osteoarthritis: A meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trials. In *Int J Clin Exp Med* (Vol. 9, Issue 11). www.ijcem.com/
- SHIOZAWA, S., HIRATA, R. P., & GRAVEN-NIELSEN, T. (2015). Center of pressure displacement of standing posture during rapid movements is reorganised due to experimental lower extremity muscle pain. *PLoS ONE*, 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144933>

SHROUT, P. E., & FLEISS, J. L. (1979). Intraclass Correlations: Uses in Assessing Rater Reliability. In *Psychological Bulletin* (Vol. 86, Issue 2).

SIJPER, H., & LATASH, M. (2000). The effects of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustments in leg, trunk, and arm muscles during standing. *Experimental Brain Research*, 135(1), 81–93. <https://doi.org/10.1007/s002210000492>

SIMON, S. R., *et al.* THE IN VII/O. In *J Bwtncr~homx* (Vol. 192). Pergamm Press.

SNIPPEN, N. C., DE VRIES, H. J., HAGEDOORN, M., & BROUWER, S. (2022). Training for occupational health physicians to involve significant others in the return-to-work process of workers with chronic diseases: a randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2107091>

Sociedade Brasileira de Reumatologia. (2003). Osteoartrite (Artrose): Tratamento.

STEWART, J., *et al.* (2018). Circadian dysfunction and fluctuations in gait initiation impairment in Parkinson's disease. *Experimental Brain Research*, 236(3), 655–664. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5163-5>

SUN, J (2017). Clinical gait evaluation of patients with knee osteoarthritis. *Gait and Posture*, 58, 319–324. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.08.009>

SYED, I. Y., & DAVIS, B. L. (2000). Obesity and osteoarthritis of the knee: Hypothesis concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Medical Hypotheses*, 54(2), 182–185. <https://doi.org/10.1054/mehy.1999.0013>

TASCIOGLU, F. *et al.* (2010). Short-term Effectiveness of Ultrasound Therapy in Knee Osteoarthritis. In *The Journal of International Medical Research*.

TEO, P. L., *et al.* Identifying and prioritizing clinical guideline recommendations most relevant to physical therapy practice for hip and/or knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 49(7), 501–512, 2019. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8676>

TINETTI, M. E., *et al* (1995). Risk Factors for Serious Injury During Falls by Older Persons in the Community. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(11), 1214–1221. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07396.x>

UEMURA, K., *et al.* (2011). Effect of dual-tasking on the center of pressure trajectory at gait initiation in elderly fallers and non-fallers.

VAN DOORMAAL, M. C. M., *et al.* (2020). A clinical practice guideline for physical therapy in patients with hip or knee osteoarthritis. *Musculoskeletal Care*, 18(4), 575–595. <https://doi.org/10.1002/msc.1492>

VITON, J.-M., *et al* (2000). Asymmetry of Gait Initiation in Patients With Unilateral Knee Arthritis.

WANG, C. Y., *et al* (2011). Comparison of virtual reality versus physical reality on movement characteristics of persons with Parkinson's disease: Effects of moving targets. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(8), 1238–1245. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.03.014>

WIBELINGER L. M., B. J. S. (2013). Effects of conventional physiotherapy and wii therapy on pain and.

WINTER, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking.

WONG, W. Y., & WONG, M. S. (2008). Smart garment for trunk posture monitoring: A preliminary study. *Scoliosis*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/1748-7161-3-7>

XIE, L., & WANG, J. (2019). Anticipatory and compensatory postural adjustments in response to loading perturbation of unknown magnitude. *Experimental Brain Research*, 237(1), 173–180. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5397-x>

YOSHIDA, S., *et al.* (2008). Anticipatory postural adjustments modify the movement-related potentials of upper extremity voluntary movement. *Gait and Posture*, 27(1), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.02.006>

ARTIGO 2:**REALIDADE VIRTUAL NA MELHORA DOS AJUSTES POSTURAIIS ANTECIPATÓRIOS AO INÍCIO DO PASSO EM INDIVÍDUOS COM OSTEOARTRITE DO JOELHO: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO.**

Luana Karine Resende Oliveira^{1,2}, Amélia Pasqual Marques³, Karen Flaviane Assis Andrade ¹, Jéssica Cristina Santos de Assis ¹, Aymee Lobato Brito¹, Givago Silva Souza^{4,5} e Bianca Callegari^{1,4*}.

1 Laboratório de Estudos da Motricidade Humana, Av. Generalíssimo Deodoro 01, Belém 66073-000, PA, Brasil; luana.oliveira82@hotmail.com (L. K. R. O.); yuzoigarashi@yahoo.com.br (Y. I.);

2 Associação das Pioneiras Sociais, SMHS Quadra 301 Bloco B nº 45 Entrada A Edifício Pioneiras Sociais - Terceiro Andar. Bairro SMHS, Brasília 70.334-900, DF, Brasil; 13863@sarah.br;

3 Department of Physiotherapy, Speech Therapy and Occupational Therapy, Faculty of Medicine, University of São Paulo, Rua Cipotânea, 51, Cidade Universitária, São Paulo, Brazil.

3 Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, R. Augusto Corrêa 01, Belém 66075-110, PA, Brasil; givagosouza@ufpa.br;

4 Núcleo de Medicina Tropical, Universidade Federal do Pará, Avenida Generalíssimo Deodoro 92, Belém, 66055-240, PA, Brasil;

* Correspondence: callegari@ufpa.br

RESUMO

Introdução: A Osteoartrite (OA) é uma doença reumática crônica que afeta as articulações, sendo o joelho a mais afetada. Poucos estudos publicados até o momento descrevem que indivíduos com OA de joelho apresentam menores amplitudes, maior duração e menor velocidade de Ajustes Posturais Antecipatórios (APAs). A Realidade Virtual (RV) tem sido apontada como nova abordagem terapêutica em vários setores da reabilitação, inclusive para tratamento do paciente com OA de joelho e um dos objetivos do tratamento é melhorar o padrão da marcha e a capacidade para deambular. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da RV, associada ao tratamento fisioterapêutico convencional (cinesioterapia), apresenta efeitos superiores à cinesioterapia isolada na dor, capacidade física, equilíbrio e nos parâmetros dos APAs. **Métodos:** Trata-se de um ensaio clínico, simples-cego, randomizado e controlado, no

qual 40 indivíduos (31 mulheres e 9 homens) foram selecionados e randomizados nos grupos TC ou VR por alocação aleatória (20 em cada grupo). Os pacientes foram submetidos ao programa de reabilitação por 8 semanas consecutivas, envolvendo uma sessão de 50 minutos, duas vezes por semana. Foi utilizado um sensor inercial durante o início da marcha para mensurar os APAs e testes, escalas e questionários para avaliação do equilíbrio, dor e capacidade física. **Resultados:** Os resultados do estudo mostram que o tratamento convencional melhora de forma significativa a queixa de dor, a capacidade física e o equilíbrio em indivíduos com AO de joelho, porém apenas o grupo que utilizou a RV associada apresentou melhora nos parâmetros de APA. **Conclusão:** apenas o grupo que utilizou a RV associada apresentou melhora nos parâmetros de APA demonstrando a importância da utilização desse recurso na reabilitação desses pacientes.

Palavras-chave: iniciação da marcha; osteoartrite de joelho; ajuste postural antecipatório; sensores inerciais; realidade virtual.

ABSTRACT

Objective: Virtual reality (VR) has been suggested as a new therapeutic approach in various sectors of rehabilitation, including the treatment of patients with knee osteoarthritis (OA), and one of its treatment goals is to improve the gait pattern and walking ability of patients. This study aimed to evaluate if VR, along with conventional physiotherapy treatment (CT), has superior effects to kinesiotherapy alone on pain, physical capacity, balance, and the parameters of anticipatory postural adjustments (APAs) in patients with knee OA. **Design:** Single-blind randomized controlled trial. **Setting:** secondary care, at Hospital SARAH. **Participants:** 40 participants (31 women; 9 men) with knee OA at least one knee and able to ambulate independently. **Intervention:** A rehabilitation program (8 consecutive weeks, 50-minute session, twice a week). Patients were randomized into the intervention groups CT or VR. **Main outcome measures:** Primary: latency of APA, amplitude of APA and time to reach the maximum acceleration amplitude. Secondary: Mini-Balance Evaluation Systems Test, pain and Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index. **Results:** The results of the study showed that conventional treatment significantly improved pain intensity, physical capacity, and balance in individuals with knee OA; however, only the group that used VR showed

improvement in the APA parameters. **Conclusion:** This study demonstrated that VR associated with conventional treatment improved APAs in patients with knee OA.

Keywords: gait initiation; knee osteoarthritis; anticipatory postural adjustment; inertial sensors; virtual reality.

INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) é uma doença reumática crônica que afeta as articulações sinoviais e é caracterizada por dor, incapacidade e perda progressiva da função, sendo o joelho a articulação mais frequentemente afetada nos membros inferiores, especialmente em idosos e que leva a incapacidades nessa população (COIMBRA IB, 2003; FRAMINGHAM *et al.*, 1987).

O tratamento fisioterapêutico para essa população, em geral, tem como objetivo reduzir a dor, aumentar a força e a flexibilidade, restabelecer o arco de movimento, além de melhorar a funcionalidade e a autonomia (COIMBRA IB, 2003; GOH *et al.*, 2019; JAN *et al.*, 2008; Sociedade Brasileira de Reumatologia, 2003). Diferentes intervenções terapêuticas têm sido propostas para esses indivíduos: massagem (BERVOETS *et al.*, 2015), terapia de estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) (PALMER *et al.*, 2014), movimento passivo contínuo (CPM) (HARVEY *et al.*, 2014; MANIAR *et al.*, 2012), terapia por ondas de choque (Imamura *et al.*, 2017), ultrassom (SHI *et al.*, 2016; TASCIOGLU *et al.*, 2010) e termoterapia (VAN DOORMAAL *et al.*, 2020). Alguns estudos já apontaram que a cinesioterapia é superior aos demais recursos fisioterapêuticos para tratamento da OA de joelho (FRANSEN *et al.*, 2015; GOH *et al.*, 2019; KUŞ *et al.*, 2022).

O uso de realidade virtual (RV) tem sido uma abordagem complementar ao tratamento fisioterapêutico convencional em pacientes com AO (WIBELINGER L. M., 2013). Foi observado que o uso da RV durante a reabilitação de pacientes com AO do joelho estava associado à melhora da dor, melhora de equilíbrio, aumento da força muscular (CYRILLO, 2018), diminuição da rigidez e incapacidade (WIBELINGER L. M., 2013), melhora no desempenho físico funcional e melhor saúde física quando comparado a pacientes tratados por exercícios terapêuticos convencionais (LIN *et al.*, 2020).

As tarefas que suportam peso são comprometidas pela OA de joelho, como por exemplo, iniciar a marcha (ETTINGER & AFABLE, 1994; FRAMINGHAM *et al.*, 1987). Sabe-se que a iniciação da marcha é uma tarefa altamente coordenada e demanda ajustes posturais que

ocorrem anteriormente a saída do calcanhar do solo (ESFANDIARI *et al.*, 2020; FARINELLI *et al.*, 2021; MARTINEZ-MENDEZ *et al.*, 2011). Esses são os ajustes posturais antecipatórios (APAs), necessários para iniciar a marcha, e foram pouco estudados em pacientes com OA no joelho (ESFANDIARI *et al.*, 2020; FARINELLI *et al.*, 2021). Os poucos resultados publicados sobre os APAs até o momento descreveram que indivíduos com OA de joelho apresentaram menores amplitudes (KATOH, 2019), maior duração e menor velocidade de APAs nos eixos médio-lateral (ML) e anteroposterior (AP) (ESFANDIARI *et al.*, 2020; VITON *et al.*, 2000) quando comparado a um grupo controle saudável. Também demonstrou que severidade da doença se relaciona com a piora dos parâmetros de APAs (DA SILVA SOARES *et al.*, 2020b).

Uma vez que a marcha está alterada em indivíduos com OA de joelho, um dos objetivos do tratamento é melhorar o padrão e a capacidade para deambular. Não se encontra na literatura, no entanto, evidências quanto aos efeitos do tratamento fisioterapêutico sobre os APAs para iniciar o passo, em indivíduos com OA de joelho. Avaliar APAs normalmente exige tecnologias de ponta, como a cinemática por filmagens de vídeo ou plataforma de força. Embora sejam consideradas o padrão ouro para obter medidas confiáveis, essas tecnologias são dispendiosas, de difícil transporte e requerem manejo especializado, o que torna impraticável seu uso em ambientes clínicos (AL-AMRI *et al.*, 2018). Sensores inerciais vem sendo utilizados para suplantam essa problemática, e estudos anteriores já validaram as medidas de APA para iniciar a marcha, registradas por esses dispositivos, em indivíduos saudáveis (DA COSTA MORAES *et al.*, 2022a) e em outras patologias (BONORA *et al.*, 2015a; DESAI *et al.*, 2021).

O presente estudo tem como objetivo comparar os efeitos de um programa de cinesioterapia convencional e desse mesmo programa associado ao uso de RV sobre a clínica e APAs de pacientes com osteoartrite de joelho. Nossa hipótese é que a associação da RV a cinesioterapia resulte em melhores resultados nos parâmetros avaliados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de um ensaio clínico, simples-cego, randomizado, registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) sob o número RBR-7p8wzr. Todos os procedimentos

que foram utilizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética da Associação das Pioneiras Sociais sob o parecer 4.698.811 CAEE: 44872721.5.0000.0022 e todos os participantes que aceitaram participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e esclarecido (TCLE).

Amostra

Participaram do estudo 40 indivíduos com OA de joelho com grau de Kellgren-Lawrence 2, 3 ou 4 em pelo menos um joelho (KELLGREN & LAWRENCE, 1957), que iniciaram tratamento fisioterapêutico no Hospital SARAH em Belém, Brasil. Os participantes foram encaminhados por ortopedista e/ou reumatologista externos e foram informados antes da entrada no estudo que a inclusão em um programa de reabilitação específico seria randomizada.

Os critérios de inclusão foram: (1) OA de joelho com grau de Kellgren-Lawrence 2, 3 ou 4 em pelo menos um joelho e (2) capacidade para deambular de forma independente. Os critérios de exclusão foram: (1) perda auditiva severa e/ou déficit visual; (2) fraturas ou histórico prévio de cirurgias e procedimentos ortopédicos; (3) doenças neurológicas; (4) perda da sensibilidade protetora do pé; (5) comprometimento cognitivo que pudesse afetar o tratamento e os procedimentos da coleta; (6) presença de outra doença que pudesse afetar o equilíbrio, como tontura, vertigem; (7) instabilidade hemodinâmica; (8) estar realizando atividade física ou outro tratamento fisioterapêutico externo; e (9) gravidez.

Procedimentos do estudo

Os participantes foram designados aleatoriamente para o grupo VR ou TC por um especialista independente não envolvido no recrutamento, intervenção ou avaliações. O fisioterapeuta da intervenção e o responsável pelas avaliações não eram a mesma pessoa. A randomização foi realizada por meio de envelopes lacrados e opacos que continham um cartão especificando em qual grupo o participante estava alocado. Os pacientes foram submetidos ao programa de reabilitação no grupo TC ou RV por 8 semanas consecutivas, envolvendo uma sessão de 50 minutos, duas vezes por semana. As avaliações foram realizadas pré e pós-intervenção. Os participantes e os terapeutas responsáveis pela intervenção não puderam ser cegos para a alocação do grupo devido à natureza da intervenção. Os treinamentos e avaliações foram realizados no Hospital Sarah Belém.

Intervenção

Inicialmente, ambos os grupos realizaram um protocolo baseado em cinesioterapia, de 30 minutos, de acordo com o que é preconizado pela Sociedade Brasileira de Reumatologia e outros estudos publicados na literatura (COIMBRA IB, 2003; Diretrizes, n.d.; Sociedade Brasileira de Reumatologia, 2003). Após os 30 minutos de cinesioterapia, cada grupo realizou 20 minutos adicionais de atividade física sob realidade virtual não imersiva conforme a sua alocação (Tabela 1).

Tabela 1. Protocolos de tratamento

PROTOCOLO DE AMBOS OS GRUPOS RV e TC (30 min iniciais)	
OBJETIVO: flexibilidade, fortalecimento, exercício funcional e treino de equilíbrio	
3 x 30 segundos - alongamento do quadríceps em decúbito ventral com faixa.	
3 x 30 segundos - alongamento dos isquiossurais em decúbito dorsal com faixa.	
3 x 10 – fortalecimento de quadríceps com caneleira sentado, com intervalo de 1 min para descanso.	
3 x 10 – fortalecimento de isquiossurais com caneleira em decúbito ventral, com 1 min para descanso	
3 x 12 – sentar e levantar de uma cadeira, com intervalo de 1 min para descanso.	
3 x 30 segundos – equilíbrio bipodal sobre um disco de equilíbrio, com de 30 seg para descanso.	
OBS: Treino de força com intensidade entre 65-75% de 1 RM e o acréscimo de carga de 2 a 10%.	
PROTOCOLO GRUPO VR (20 min)	PROTOCOLO GRUPO TC (20 min)
OBJETIVO DE AMBOS OS PROTOCOLOS: controle postural e equilíbrio	
6 minutos - Reflex Ridge	1 - deslocamentos alternados para frente, trás, para as laterais e agachamentos, com uso de cones coloridos para delimitar o espaço. Realizado com o comando verbal do terapeuta;
6 minutos - 20000 leaks	
6 minutos - RallyBall.	
1 minuto de intervalo entre cada jogo	2 – jogo com bola, lançando-a e recebendo-a do terapeuta com os membros superiores e inferiores. Cada exercício teve duração de 3 minutos, com intervalo para descanso de 2 minutos, e foram realizados duas vezes cada.

Fonte: do autor.

A quantidade de séries, o tempo de descanso e a intensidade do exercício foram realizados conforme a recomendação do American College of Sports Medicine, que cita que são indicadas em média 2 a 3 séries para cada exercício e de 1-2 minutos de repouso entre as séries para evitar fadiga. Além disso, para que se possa aumentar os ganhos e simultaneamente diminuir os riscos de lesão, são recomendados exercícios de intensidade baixa a moderada e com repetição máxima compreendida entre 65-75% de 1 repetição máxima (RM) com 8-15 repetições. O guia de condutas acrescenta ainda que, para que se continue obtendo ganhos no que diz respeito ao ganho de força, é imprescindível que haja o acréscimo gradual e progressivo de carga: de 2–10% com base no tamanho e envolvimento do grupo muscular (FLECK & KRAEMER, 2017).

Protocolo do grupo Terapia Convencional (TC)

O grupo TC realizou nos 20 minutos adicionais, exercícios que possuem os mesmos objetivos do protocolo da reabilitação virtual. Os exercícios foram:

- Exercício 1: deslocamentos alternados para frente, trás e para laterais, e agachamentos. Este exercício foi realizado utilizando 4 cones de cores diferentes (azul, amarelo, laranja e vermelho), posicionados em formato de quadrado com distância de 2 metros entre cada um deles, no qual o participante se deslocou em direção ao cone após o comando verbal do terapeuta informando a cor, de forma aleatória. Em uma das cores (vermelho), o paciente encostava a mão no cone realizando agachamento;
- Exercício 2: jogo com bola, lançando-a e recebendo-a do terapeuta com os membros superiores e inferiores de forma alternada.

O participante realizou cada exercício por 3 minutos, com intervalo para descanso de 2 minutos, duas vezes cada exercício.

Protocolo do grupo Realidade Virtual (VR)

O grupo VR, após a etapa anterior, realizou 20 minutos adicionais de um treinamento convencional utilizando o Video Game *Xbox 360* com sensor Microsoft *Kinect 360*, com um televisor 42" conectados aos consoles. *O jogo escolhido foi o "Kinect Adventures!"*, incluindo,

internamente, três modalidades de subjogos: *Reflex Ridge*, *20000 leaks* e *RallyBall*. Esta ordem dos jogos foi padronizada. Os jogos selecionados exigem controle postural e equilíbrio. No jogo *Reflex Ridge* o indivíduo necessita realizar desvio de obstáculos envolvendo mudanças de direção para as laterais, para baixo (agachamentos) e para cima (pequenos saltos). No jogo *20000 leaks* o participante tem como objetivo o alcance de alvos específicos, primeiramente com as mãos e posteriormente com os pés, realizando transferência de peso alternada em membros inferiores, permanecendo em apoio unipodal com frequência. No *RallyBall* é necessário maior coordenação ao realizar movimentos rápidos de jogar e interceptar bolas com as mãos e pés ao mesmo tempo.

Inicialmente, os participantes foram posicionados em frente ao sensor *Xbox Kinect®* a uma distância de 1 metro e meio, para reconhecimento do equipamento. No primeiro dia, eles foram informados sobre o funcionamento do *Xbox Kinect®* e o terapeuta realizou uma demonstração de como funciona cada jogo. Após essa introdução, os participantes realizam uma tentativa com cada jogo para familiarização. Posteriormente, realizaram o treinamento durante cerca de 6 minutos em cada um dos três jogos (totalizando 20 minutos), tendo 1 minutos de intervalo entre cada jogo.

Medidas de resultado primário (Primary Outcomes)

As medidas de resultado primário foram ajustes posturais antecipatórios (APAs) anteriores ao início do passo. Para tal, utilizou-se um sensor inercial, sem fio, posicionado em L5 (Mbientlab, *MetaMotionC*, EUA), contendo embutido nele um acelerômetro triaxial para mensurar e registrar as acelerações do centro de massa (COM) anteriores à iniciação do passo. Trata-se de um dispositivo com 25mm x 25 mm x 4mm, ultraleve com apenas 5,6 gramas, bateria de 200mAH substituível, com transferência de dados via bluetooth Low Energy Smart®, que foi validado e apresenta boa confiabilidade (DA COSTA MORAES *et al.*, 2022b; DUARTE *et al.*, 2022). Os dados de aceleração nos eixos X, Y e Z foram coletados em 100 Hz.

Uma câmera Basler com gravação de vídeo em alta velocidade (1920 × 1080 pixels at 60 fps) foi utilizada marcar o momento de saída do calcanhar do solo. A câmera foi posicionada sobre um tripé nivelado a 30 cm de altura, no plano sagital dos sujeitos. O deslocamento vertical do calcâneo foi registrado a cada início do passo.

Os sujeitos permaneceram em pé em uma passarela de 2 metros sobre marcas desenhadas no solo, a fim de controlar a posição inicial dos pés. Os calcanhares foram separados médio-lateralmente por 6 cm mensurados por fita métrica. O sujeito mirou uma marca ao nível dos olhos na parede a uma distância de 3 m e deu um passo à frente ao ver uma luz acender, após acionamento pelo pesquisador. A hora do comando foi auto selecionada sem anúncio prévio. Antes da gravação, os sujeitos foram solicitados a realizar uma etapa para compreensão. Foram realizadas dez tentativas, sempre iniciadas com o mesmo membro inferior (esquerdo), onde estava fixado o marcador reflexivo.

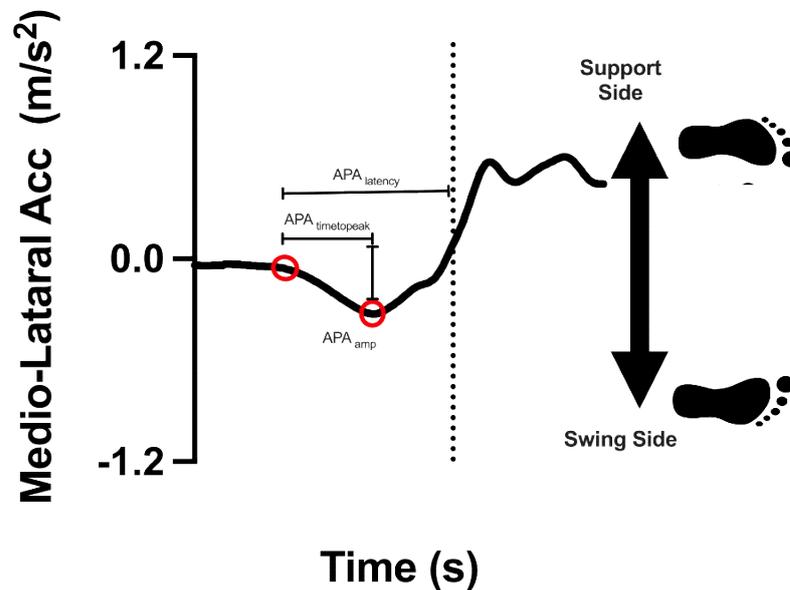
A análise foi realizada por meio do programa MatLab (MathWorks, Natick, MA, EUA). O início do passo (T_{zero}) foi definido como o momento da saída do calcanhar do solo, registrado a partir da trajetória vertical obtida pelas filmagens. Com a demarcação do T_{zero} , as acelerações do COM na direção médio lateral (ML) foram analisadas e extraídas dos registros do sensor inercial, e analisados em cada uma das dez tentativas. Utilizou-se um filtro passa baixa de 30 Hz (filtro Butterworth de segunda ordem) para filtragem dos sinais e foram calculados e exportados parâmetros antecipatórios (anteriores ao T_{zero}) (Figura 1):

(1) $APA_{latency}$: é a latência da APA, momento em que acontece o primeiro desvio mediolateral que excede dois desvios padrões acima da linha de base, anterior ao T_{zero} ;

(2) APA_{amp} : compreende o máximo deslocamento médio-lateral do COM antes da saída do calcanhar (T_{zero});

(3) $APA_{time\ to\ peak}$: tempo gasto para alcançar o máximo deslocamento (pico) médio-lateral do COM.

Figura 1. Curva de aceleração médio-lateral e variáveis de mensuração.



Nota: Linha pontilhada representa o momento da saída do calcanhar do solo.
Fonte: do autor.

Medidas de resultados secundários (Secondary Outcomes)

O mini-BESTest, que é uma versão curta do *Balance Evaluation Systems Test* (BESTest), foi utilizado para avaliação do equilíbrio. É composto por 14 itens para avaliar o equilíbrio por meio de tarefas de desempenho que englobam transferências, ajustes posturais antecipatórios, respostas posturais a perturbações, orientação sensorial na posição ortostática e estabilidade dinâmica na marcha. Os itens são pontuados de 0 (incapaz de executar ou requerendo ajuda) a 2 (desempenho normal). A pontuação total máxima é 28 pontos (Franchignoni *et al.*, 2010), e quanto maior a pontuação, melhor o equilíbrio do indivíduo.

O questionário The Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) foi utilizado para avaliar a capacidade física. É um questionário autoaplicável composto por 24 itens divididos em 3 subescalas: (1) dor; (2) rigidez; e (3) função física. Cada item possui possibilidade de respostas com base na escala de Likert: nenhuma, pouca, moderada, intensa e muito intensa, sendo a pontuação 0, 25, 50, 75 ou 100, respectivamente. Quanto maior a pontuação, pior a capacidade física do indivíduo (Fernandes, 2002).

Foi realizada também coleta de dados clínicos como peso, altura e índice de massa corporal (IMC), e nível de dor através da Escala Visual Analógica de Dor (EVA).

Tamanho da amostra

O tamanho total da amostra foi estimado em um estudo piloto com 9 indivíduos, por meio do cálculo amostral usando G*Power V 3.1.3, utilizando um alfa de 0,05 e um poder de 0,80. Assumindo-se média de 0,488 e desvio padrão de 0,073 para o parâmetro $APA_{latency}$, concluiu-se que eram necessários 18 pacientes em cada grupo.

O tamanho do efeito (ES) estabelecido foi o “d” de Cohen, objetivando um tamanho mínimo de 0,50 (efeito médio).

Análise dos dados

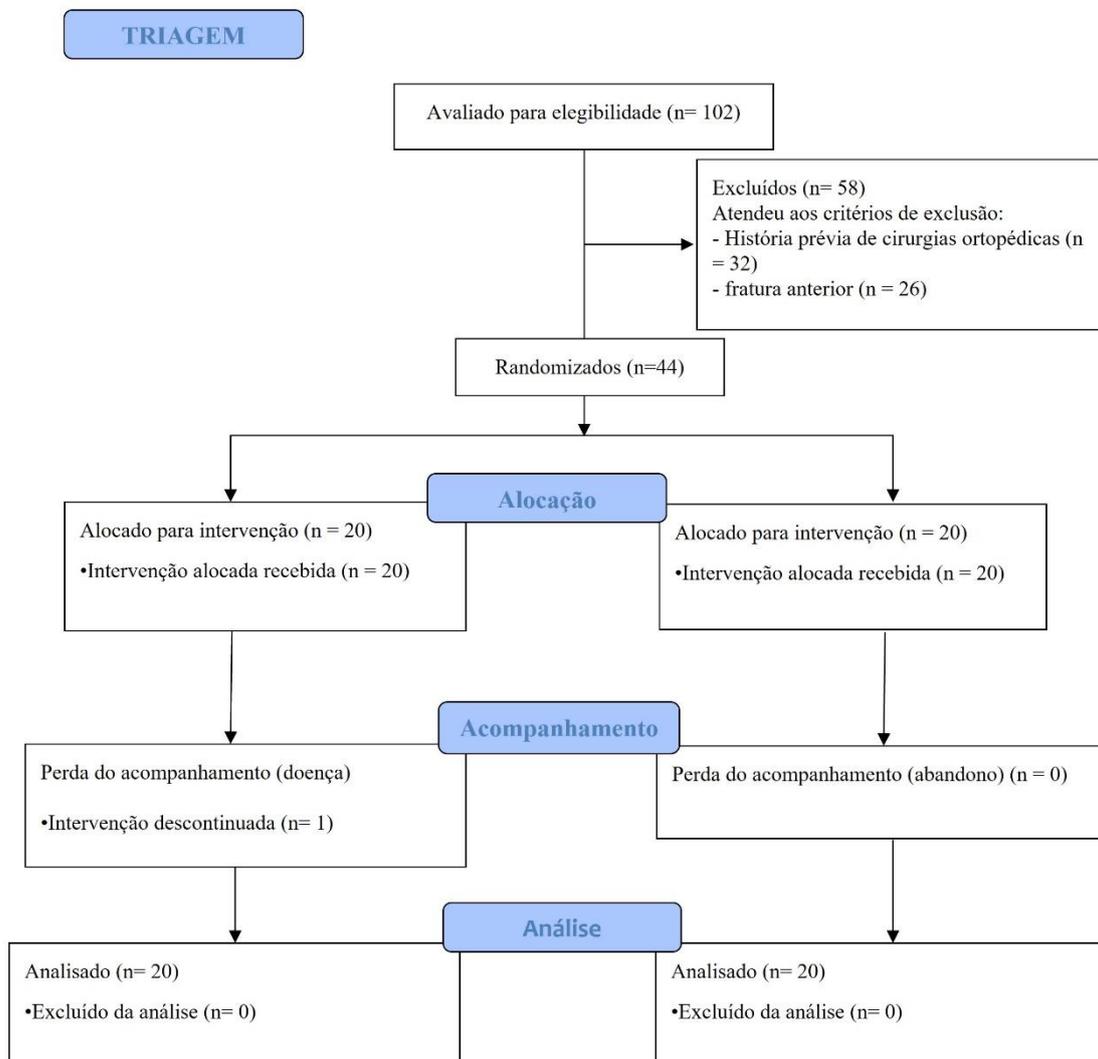
A estatística foi realizada por meio do software GraphPad PRISM 9.4.1. A análise por intenção de tratar (ITT) foi utilizada e os indivíduos que não concluíram o estudo (não realizaram a reavaliação após a intervenção) tiveram suas análises consideradas, de acordo com a sua randomização, apenas para valores de pré-intervenção.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para testar a distribuição normal dos dados. O teste t de Student foi utilizado para avaliar as diferenças entre os grupos nas variáveis pré-intervenção (demográficas, desfechos primários e secundários), para garantir a similaridade entre os grupos. Uma análise multivariada de variância (ANOVA) 2x2 para medidas repetidas foi aplicada para verificar as diferenças nas variáveis do estudo entre o TC e o VR, considerando o tempo (ou seja, pré e pós-intervenção) como dentro do fator e o grupo (ou seja, TC ou VR) entre fator. ANOVA foi seguida pelo teste de comparações múltiplas de Bonferroni. Além disso, os tamanhos de efeito Parcial Eta Quadrado foram calculados. Seguindo as recomendações de Cohen, tamanhos de efeitos de $\eta^2 = 0,01$, $\eta^2 = 0,06$ e $\eta^2 = 0,14$ foram considerados respectivamente pequenos, médios e grandes em magnitudes (Snippen *et al.*, 2022). A significância estatística foi estabelecida em $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

Um total de 102 indivíduos com osteoartrite de joelho foram elegíveis para participar do estudo. Posteriormente, os participantes foram avaliados quanto a outros critérios de inclusão e, finalmente, 40 (31 mulheres e 9 homens) foram selecionadas e randomizadas em um grupo TC ou VR por alocação aleatória (Fig. 2). Após 8 semanas de intervenção, os resultados clínicos e os APAs durante o início do passo foram avaliados novamente nos participantes de ambos os grupos.

Figura 2. Triagem da amostra



Fonte: do autor

As características demográficas dos participantes foram apresentadas na Tabela 2. Assim, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os dois grupos.

Tabela 2. Características demográficas dos participantes

	Grupo TC (n = 20)	Grupo VR (n = 20)	Valor P
Sexo	3 M / 17 F	6 M / 14 F	
Idade (anos)	62.60 ± 8.62	62.35 ± 7.39	0.92
Altura (cm)	1.57 ± 0.07	1.57 ± 0.08	0.93
Peso (kg)	76.50 ± 14.42	74.63 ± 10.53	0.64
Severidade da OA			
Grau 2	2 M / 6 F	0 M / 9 F	
Grau 3	3 M / 7 F	3 M / 7 F	
Grau 4	1 M / 1 F	1 M / 0 F	

Nota: Os valores são a média ± desvio padrão. As comparações estatísticas foram feitas com o teste t não pareado. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$. Abreviaturas: OA (osteoartrite).

Fonte: do autor

Resultados Primários

Os dados relativos à APA relacionados ao início do passo são apresentados na tabela 3 e na figura 3. Não foram encontrados efeito de grupo ($F(1, 38) = 0,13$; $p=0,72$) e efeito de tempo ($F(1, 38) = 1,03$; $p=0,31$) significativos em APAamp. No entanto, interação significativa estava presente ($F(1, 38) = 8,2$; $p = 0,007$) e testes post-hoc revelaram que, enquanto VR aumentou APAamp com grande tamanho de efeito ($p < 0,001$; $\eta^2p = 0,14$), TC não alterou esse parâmetro. A APAlatency apresentou efeito significativo de tempo ($F(1, 38) = 7,48$; $p=0,009$) e interação ($F(1, 38) = 7,01$; $p=0,011$), embora nenhum efeito de grupo tenha sido observado ($F(1, 38) = 0,03$; $p=0,86$). A análise post-hoc demonstrou que apenas o grupo VR diminuiu o APAlatency com grande tamanho de efeito TC ($p < 0,001$; $\eta^2p=0,23$). Uma interação significativa apareceu em APAtimetopeak ($F(1, 38) = 9,21$; $p = 0,004$). No entanto, nenhum efeito significativo de grupo ($F(1, 38) = 2,5$; $p=0,12$) e efeito de tempo ($F(1, 38) = 0,54$; $p=0,47$) foram encontrados. A análise post-hoc demonstrou que apenas o grupo VR aumentou o APAtimetopeak com grande tamanho de efeito TC ($p < 0,001$; $\eta^2p=0,17$).

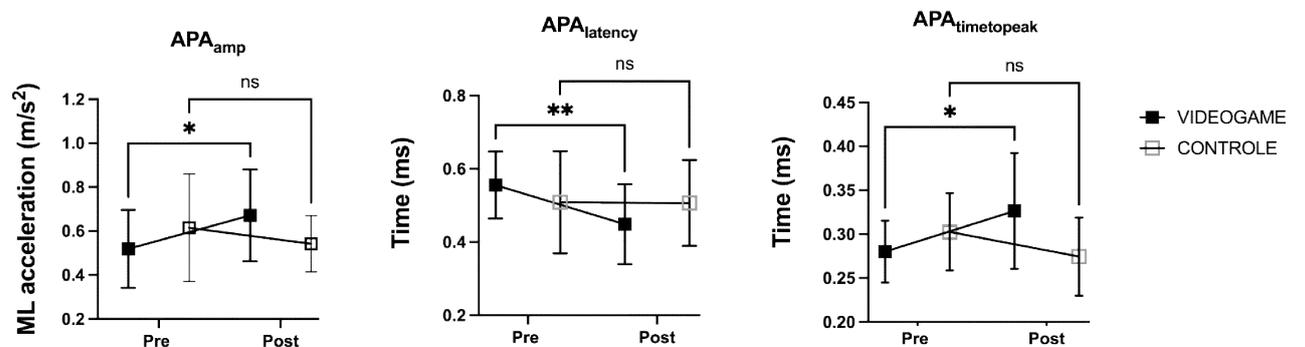
Tabela 3. Dados pré e pós-intervenção para variáveis do sensor inercial

Variáveis dos grupos	Pré (Média ± DP)	Pós (Média ± DP)	Média da diferença (95% CI)	Valor p	Eta Squared
APA_{latency}					
TC	0.51 ± 0.14	0.51 ± 0.12	0.001 (-0.06 to 0.06)	>0.999	4.58 x 10 ⁻⁵
VR	0.56 ± 0.09	0.45 ± 0.11	0.11 (0.04 to 0.17)	0.001 ^b	0.23
	0.21 ^a				
APA_{amp}					
TC	0.61 ± 0.24	0.54 ± 0.13	0.07 (-0.06 to 0.20)	0.40	0.04
VR	0.52 ± 0.18	0.67 ± 0.21	-0.15 (-0.28 to -0.02)	0.001 ^b	0.14
	0.16 ^a				
APA_{timetopeak}					
TC	0.30 ± 0.04	0.27 ± 0.04	-0.04 (-0.09 to -0.01)	0.23	0.09
VR	0.28 ± 0.04	0.33 ± 0.07	-0.05 (-0.08 to -0.01)	0.022 ^b	0.17
	0.08 ^a				

^a Teste t pareado para comparações de linha de base; ^b ANOVA e comparações post hoc.

Nota: Os valores são a média ± SD. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$.

Fonte: do autor

Figura 3. Dados do sensor inercial.

Legenda: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$

Fonte: do autor

Resultados Secundários

Os resultados clínicos são descritos na tabela 4 e na figura 4. Houve um efeito de tempo significativo para WOMAC, que rendeu um $F(1, 38) = 98,63$; $p < 0,0001$. No entanto, nenhum efeito de grupo $F(1, 38) = 0,30$; $p = 0,59$ e nenhuma interação foi revelada $F(1, 37) = 3,91$; $p = 0,99$. Testes post-hoc pairwise demonstraram que ambos os grupos apresentaram redução no escore WOMAC após fisioterapia com grande tamanho de efeito TC ($p < 0,001$; $\eta^2 p = 0,18$) e RV ($p < 0,001$; $\eta^2 p = 0,26$). O efeito do tempo também foi significativo para o teste Mini Best ($F(1, 38) = 65,65$; $p < 0,0001$), e ambos os grupos apresentaram escores mais altos após fisioterapia com grande tamanho de efeito TC ($p < 0,001$; $\eta^2 p = 0,22$) e VR ($p < 0,001$; $\eta^2 p = 0,20$). Conforme observado na análise WOMAC, nenhum efeito de grupo $F(1, 38) = 2,08$; $p = 0,16$ e nenhuma interação foi revelada $F(1, 38) = 0,62$; $p = 0,43$. O comportamento da dor foi da mesma forma, sem efeito de grupo $F(1, 38) = 2,08$; $p = 0,16$ e sem interação $F(1, 38) = 0,62$; $p = 0,43$. Houve efeito de tempo significativo para dor que rendeu um $F(1, 38) = 65,65$; $p < 0,0001$, e ambos adotaram uma pontuação menor após o tratamento com tamanho de efeito grande TC ($p < 0,001$; $\eta^2 p = 0,63$) e RV ($p < 0,001$; $\eta^2 p = 0,69$).

Tabela 4. Comparação dos dois grupos em relação aos resultados clínicos

(continua)

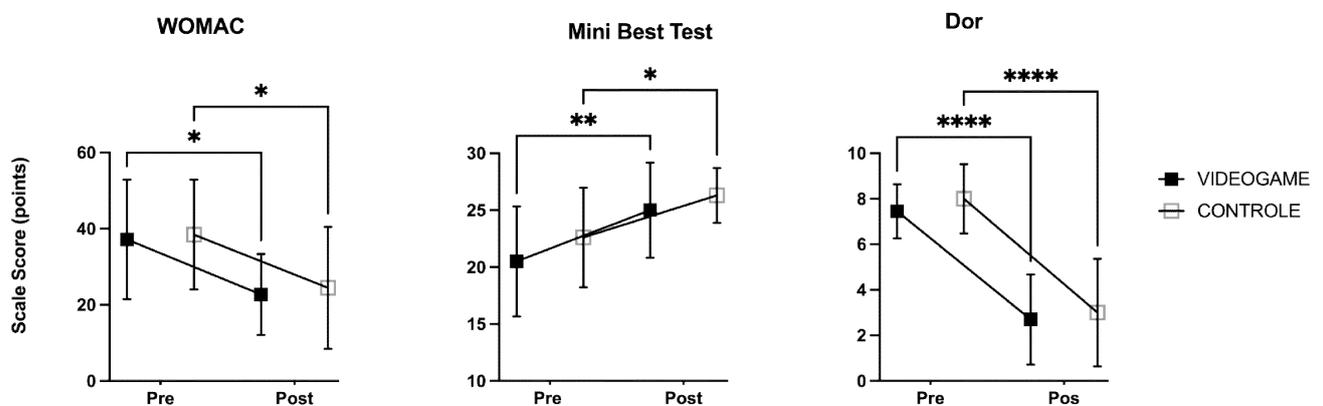
Variáveis dos Grupos	Pré (Média ± DP)	Pós (Média ± DP)	Média da diferença (95% CI)	Valor p	Eta Squared
WOMAC					
TC	38.44 ± 14.44	24.47 ± 16.00	13.97 (9.37 to 18.56)	<0.0001 ^b	0.18
VR	36.18 ± 13.43	21.66 ± 11.43	13.99 (9.37 to 18.56)	<0.0001 ^b	0.26
	$p = 0.66^a$				
Mini Best Test					
TC	22.60 ± 4.37	26.30 ± 2.41	-4.50 (-6.17 to -2.83)	<0.0001 ^b	0.22
VR	20.50 ± 4.83	25.00 ± 4.18	-3.70 (-5.37 to -2.03)	<0.0001 ^b	0.22
	$p = 0.18^a$				

(conclusão)

Variáveis dos Grupos	Pré (Média ± DP)	Pós (Média ± DP)	Média da diferença (95% CI)	Valor p	Eta Squared
Dor					
TC	8.0 ± 1.52	3.0 ± 2.36	5.0 (3.7 to 6.3)	<0.0001 ^b	0.63
VR	7.45 ± 1.19	2.70 ± 1.97	4.75 (3.45 to 6.05)	<0.0001 ^b	0.69
	p=0.21 ^a				

^a Teste t pareado para comparações de linha de base; ^b ANOVA e comparações post hoc.
 Nota: Os valores são a média ± DP. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$.
 Fonte: do autor.

Figure 4. Resultados clínicos pré e pós-intervenções.



Nota: O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$.
 Fonte: do autor.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar se a utilização da RV, associada ao tratamento fisioterapêutico convencional (cinesioterapia), apresentaria efeitos superiores à cinesioterapia isolada na queixa de dor, na capacidade física, no equilíbrio e nos parâmetros de APA em

indivíduos com OA de joelho. Hipotetizamos que a associação da RV ao tratamento fisioterapêutico convencional resultasse em melhores resultados nas variáveis avaliadas. Nossos resultados do estudo mostraram que apenas o grupo RV apresentou melhoras nos parâmetros de APA (APA_{amp} e $APA_{timetopeak}$ aumentaram, enquanto $APA_{latency}$ diminuiu) enquanto ambos os tratamentos tiveram efeito positivo sob os desfechos nas escalas clínicas (WOMAC e dor diminuíram e o escore do MiniBest Test aumentou).

Estudos que avaliaram os APAs para iniciar a marcha em indivíduos com OA de joelho descreveram que essa população apresentou menores amplitudes de APA nos eixos médio-lateral (ML) e anteroposterior (AP) (ESFANDIARI *et al.*, 2020; KATOH, 2019; VITON *et al.*, 2000), maior duração e menor velocidade na fase APA (ESFANDIARI *et al.*, 2020) em comparação aos indivíduos saudáveis. Em nosso estudo, as avaliações no período pré-tratamento não apresentaram diferença entre os grupos nos parâmetros da APA. Desta forma, um aumento observado na APA_{amp} e $APA_{timetopeak}$ e uma diminuição do $APA_{latency}$ observados apenas no grupo RV, são resultados positivos, indicando que o videogame pode ser um recurso utilizado no tratamento de pacientes com OA de joelho.

A iniciação da marcha é uma tarefa altamente coordenada e demanda APAs que ocorrem anteriormente a saída do calcanhar do solo (ESFANDIARI *et al.*, 2020; FARINELLI *et al.*, 2021; MARTINEZ-MENDEZ *et al.*, 2011). Uma vez que a marcha está alterada em indivíduos com OA de joelho, um dos objetivos do tratamento é melhorar o padrão e a capacidade para deambular.

A RV tem sido utilizada para treino do controle postural e alguns estudos mostraram efeitos da RV nos ajustes posturais antecipatórios em idosos frágeis (BOURRELIER *et al.*, 2021; KUBICKI *et al.*, 2014) e em indivíduos com lombalgia inespecífica (LI *et al.*, 2021), mostrando que a RV pode ser uma potencial intervenção para melhorar os APAs nesses indivíduos. Não há ainda na literatura outros estudos que utilizaram a RV para melhora dos parâmetros de APAs em pacientes com OA de joelho, dificultando a comparação com o atual estudo.

O grupo que utilizou o videogame pode ter apresentado melhores resultados nos parâmetros de APAs pois a RV permite oferecer um estímulo multissensorial, favorecendo interações sensorio-motoras entre, por exemplo, a propriocepção e a experiência visual, integrando regiões cerebrais diferentes (BOHIL *et al.*, 2011). Esses mesmos autores explicam que a RV aumenta o papel da ativação motora durante a experiência simulada, pois os usuários podem se mover e

interagir fisicamente com objetos virtuais, podendo apresentar combinações de estímulos que não são encontrados nos exercícios convencionais em solo (BOHIL *et al.*, 2011).

O vídeo game possui como benefícios a experimentação multissensorial aumentando a atenção, coordenação motora, equilíbrio, força e também despertando maior interesse por ser uma atividade lúdica, além da restauração do bem-estar físico e mental (CYRILLO, 2018; GOMES *et al.*, 2020). É possível aumentar o número de repetições de um exercício e movimento sem que o paciente perceba, e com grande possibilidade de variações de treino (BOURRELIER *et al.*, 2021).

O mini-BESTest é composto por 14 itens para avaliar o equilíbrio e são pontuados de 0 (incapaz de executar ou requerendo ajuda) a 2 (desempenho normal). A pontuação total máxima é 28 pontos e, quanto maior a pontuação, melhor o equilíbrio do indivíduo (FRANCHIGNONI *et al.*, 2010). O questionário The Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC), utilizado para avaliar a capacidade física, possui 24 itens, e quanto maior a pontuação, pior a capacidade física do indivíduo (FERNANDES, 2002). Desta forma, os resultados obtidos através do MiniBest e do WOMAC após o tratamento fisioterapêutico, mostraram melhora do equilíbrio e da capacidade física em ambos os grupos RV e TC, com grande tamanho de efeito. Além disso, o escore de dor mensurado pela Escala Visual Analógica de Dor (EVA) foi menor em ambos os grupos.

O presente estudo apresentou algumas limitações. O tamanho da amostra sendo pequeno dificulta a generalização dos resultados, o que poderia ser alcançado em um ensaio clínico randomizado com um “N” mais robusto. A falta de seguimento em um prazo maior que 8 semanas e a impossibilidade de cegar o paciente para a terapia foram outras limitações. Por questões técnicas do laboratório, o posicionamento do marcador reflexivo foi padronizado no calcâneo esquerdo e a saída era obrigatória com este pé. Uma vez que menos de 15% da amostra possui indivíduos com OA apenas à esquerda, a padronização de saída com esse lado poderia ser questionada. Há evidências, porém, demonstrando que o lado (acometido ou não) não alterou os APAs na iniciação da marcha em indivíduos com OA unilateral (VITON *et al.*, 2000).

Como conclusão, os resultados do estudo mostram que o tratamento convencional melhora de forma significativa a intensidade de dor, a capacidade física e o equilíbrio em indivíduos com AO de joelho, porém apenas o grupo que utilizou a RV associada apresentou melhora nos parâmetros de APA, demonstrando a importância da utilização desse recurso na reabilitação

desses pacientes. Futuros estudos com amostras maiores e acompanhamento a longo prazo são necessários para corroborar esses achados.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J. C. *et al.* (2020). Validation of Inertial Sensor to Measure Barbell Kinematics across a Spectrum of Loading Conditions. *Sports*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/sports8070093>
- Al-Amri, M., *et al.* (2018). Inertial measurement units for clinical movement analysis: Reliability and concurrent validity. *Sensors (Switzerland)*, 18(3). <https://doi.org/10.3390/s18030719>
- Amici, C., *et al.* (2021). Quantitative analysis of voluntary movement and anticipatory postural adjustments: a functional approach. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 24(15), 1660–1669. <https://doi.org/10.1080/10255842.2021.1906866>
- Auvinet, B., *et al.* (2002). Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. In *Gait and Posture* (Vol. 16). www.elsevier.com/locate/gaitpost
- Bervoets, D. C., *et al.* (2015). Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 61(3), 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.018>
- BET P.. (2019). *Sensores inerciais moveis no rastreo e predicao de risco de quedas em idosos.*
- BOHIL, C. J., ALICEA, B., & BIOCCA, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 12, Issue 12). <https://doi.org/10.1038/nrn3122>
- BONORA, G *et al.* (2015). A new instrumented method for the evaluation of gait initiation and step climbing based on inertial sensors: A pilot application in Parkinson’s disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0038-0>
- BONORA, G., *et al.* (2017). Gait initiation is impaired in subjects with Parkinson’s disease in the OFF state: Evidence from the analysis of the anticipatory postural adjustments through wearable inertial sensors. *Gait and Posture*, 51, 218–221. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.10.017>
- BOUISSET, S., & ZATTARA, M. (1987). *BIOMECHANICAL STUDY OF THE PROGRAMMING OF ANTICIPATORY POSTURAL ADJUSTMENTS ASSOCIATED WITH VOLUNTARY MOVEMENT* (Vol. 20, Issue 8).
- BOURRELIER, J. *et al.* (2021). Enhancement of anticipatory postural adjustments by virtual reality in older adults with cognitive and motor deficits: A randomised trial. *Geriatrics (Switzerland)*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/geriatrics6030072>
- CARONNI, A., & CAVALLARI, P. (2009). Anticipatory postural adjustments stabilise the whole upper-limb prior to a gentle index finger tap. *Experimental Brain Research*, 194(1), 59–66. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1668-2>

- CAVALLARI, P., *et al.* (2016a). The organization and control of intra-limb anticipatory postural adjustments and their role in movement performance. In *Frontiers in Human Neuroscience* (Vol. 10, Issue OCT2016). Frontiers Media S. A. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00525>
- COIMBRA, I. B., PLAPLER, P. G., & DE CAMPOS, G. C. (2019). Generating evidence and understanding the treatment of osteoarthritis in Brazil: A study through Delphi methodology. *Clinics*, 74. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e722>
- COIMBRA IB, P. E. G. J. P. M. R. C. F. M. F. H. E. (2003). Osteoartrite (Artrose): Tratamento.
- CRENNA, P., & FRIGO, C. (1991). A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. In *Journal of Physiology* (Vol. 437).
- CYRILLO, F. N. (2018). Efeito do uso de vídeo game na reabilitaçãode pacientes com Osteoartritede joelho.
- da Costa Moraes, *et al.* (2022). Validity and Reliability of Smartphone App for Evaluating Postural Adjustments during Step Initiation. *Sensors*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/s22082935>
- DA SILVA SOARES, *ET al.* What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clinical Biomechanics*, 74, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.02.007>
- DESAI, R., *et al.* (2021). Evaluation of gait initiation using inertial sensors in Huntington’s Disease: insights into anticipatory postural adjustments and cognitive interference. *Gait and Posture*, 87, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.021>
- Diretrizes, P. (n.d.). *Autoria: Sociedade Brasileira de Reumatologia.*
- DUARTE, M. B. *et al.* (2022). Wearable Inertial Sensor Approach for Postural Adjustment Assessments during Predictable Perturbations in Sport. *Sensors*, 22(21), 8272. <https://doi.org/10.3390/s22218272>
- ESFANDIARI, E., *ET al.* (2020). Gait initiation and lateral wedge insole for individuals with early knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105163>
- ETTINGER, W. H., & AFABLE, R. F. (1994). Physical disability from knee osteoarthritis - the role of exercise as an intervention.
- FARINELLI, V., *et al.* (2021). A Novel Viewpoint on the Anticipatory Postural Adjustments During Gait Initiation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.709780>
- FERNANDES, M. (2002). Tradução e validação do questionário de qualidade de vida específico para osteoartrose womac (Western Ontario and McMaster Universities) para a língua portuguesa.
- FLECK, S. J., & KRAEMER, W. J. (2017). *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular - 4ª Edição.*
- FRAMINGHAM, T., *et al.* (1987). *THE PREVALENCE OF IN THE KNEE OSTEOARTHRITIS ELDERLY Osteoarthritis Study.*

- FRANCHIGNONI, F., *et al.* (2010). Using psychometric techniques to improve the balance evaluation systems test: The mini-betest. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(4), 323–331. <https://doi.org/10.2340/16501977-0537>
- FRANSEN, M., *et al.* (2015). Exercise for osteoarthritis of the knee. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2015, Issue 1). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004376.pub3>
- GOH, S. L., *et al.* (2019). Efficacy and potential determinants of exercise therapy in knee and hip osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 62, Issue 5, pp. 356–365). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.006>
- GOMES, V. M. *et al.* (2020). Efeitos da utilização da reabilitação virtual nas alterações posturais de indivíduos idosos. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 46112–46124. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-296>
- HALEY, S. M., & FRAGALA-PINKHAM, M. A. (2006). Number 5. In *Physical Therapy* (Vol. 86).
- HARVEY, L. A., BROSSEAU, L., & HERBERT, R. D. (2014). Continuous passive motion following total knee arthroplasty in people with arthritis. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2014, Issue 2). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004260.pub3>
- HONEINE, J. L., *et al.* (2016). The neuro-mechanical processes that underlie goal-directed medio-lateral APA during gait initiation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(AUG2016). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00445>
- IMAMURA, M., *et al.* (2017). Radial extracorporeal shock wave therapy for disabling pain due to severe primary knee osteoarthritis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(1), 54–62. <https://doi.org/10.2340/16501977-2148>
- JAN, M. H., *et al.* (2008). Investigation of clinical effects of high- and low-resistance training for patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 88(4), 427–436. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060300>
- KATOH, H. (2019). Effect of lateral-wedge insole on the center of foot pressure and lower extremity muscle activity at gait initiation in patients with medial knee osteoarthritis.
- KELLGREN, J. H., & LAWRENCE, J. S. (1957). RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF OSTEO-ARTHROSIS. In *Ann. rheum. Dis.*
- KUBICKI, A., *et al.* (2014). Motor-prediction improvements after virtual rehabilitation in geriatrics: Frail patients reveal different learning curves for movement and postural control. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.128>
- KUŞ, G., TARAKÇI, E., RAZAK OZDINCLER, A., & ERÇİN, E. (2022). Sensory-Motor Training Versus Resistance Training in the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Rehabilitation*, 026921552211376. <https://doi.org/10.1177/02692155221137642>

- LI, Z., *et al.* (2021). The Effect of Virtual Reality Training on Anticipatory Postural Adjustments in Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Preliminary Study. *Neural Plasticity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9975862>
- LIN, Y. T., LEE, W. C., & HSIEH, R. L. (2020). Active video games for knee osteoarthritis improve mobility but not WOMAC score: A randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 63(6), 458–465. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.008>
- MACKINNON, C. D., *et al.* (2007). Preparation of anticipatory postural adjustments prior to stepping. *Journal of Neurophysiology*, 97(6), 4368–4379. <https://doi.org/10.1152/jn.01136.2006>
- MANIAR, R. N., *et al.* (2012). To use or not to use continuous passive motion post-total knee arthroplasty. Presenting functional assessment results in early recovery. *Journal of Arthroplasty*, 27(2). <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.04.009>
- MARTINEZ-MENDEZ, R., SEKINE, M., & TAMURA, T. (2011). Detection of anticipatory postural adjustments prior to gait initiation using inertial wearable sensors. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-17>
- MASSION, J. (1992). *Progress in Neurobiology Voi* (Vol. 38).
- MOORE, S. , *et al.* (1992). *Investigation of Evidence for Anticipatory Postural Adjustments in Seated Subjects Who Performed a Reaching Task*.
- NA, A., & BUCHANAN, T. S. (2021). Validating Wearable Sensors Using Self-Reported Instability among Patients with Knee Osteoarthritis. *PM and R*, 13(2), 119–127. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12393>
- PALMER, S. *et al.* (2014). Transcutaneous electrical nerve stimulation as an adjunct to education and exercise for knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Arthritis Care and Research*, 66(3), 387–394. <https://doi.org/10.1002/acr.22147>
- R J JEFFERSON, J. J. C. B. M. AND M. W. W. (1990). The role of the quadriceps in controlling impulsive forces around heel strike.
- RADIN, E. L., *et al.* (1991). Relationship Between Lower Limb Dynamics and Knee Joint Pain. In *Journal of Orthopaedic Research*.
- ROGERS, M. W., & PAI, Y.-C. (1990). Experimental Brain Research Dynamic transitions in stance support accompanying leg flexion movements in man. In *Exp Brain Res* (Vol. 81).
- SANTOS, M. J., KANEKAR, N., & ARUIN, A. S. (2010). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.006>
- SHI, J. *et al.* (2016). Effect of ultrasound therapy for knee osteoarthritis: A meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trials. In *Int J Clin Exp Med* (Vol. 9, Issue 11). www.ijcem.com/
- SHIOZAWA, S., HIRATA, R. P., & GRAVEN-NIELSEN, T. (2015). Center of pressure displacement of standing posture during rapid movements is reorganised due to experimental lower extremity muscle pain. *PLoS ONE*, 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144933>

- SHROUT, P. E., & FLEISS, J. L. (1979). Intraclass Correlations: Uses in Assessing Rater Reliability. In *Psychological Bulletin* (Vol. 86, Issue 2).
- SIJPER, H., & LATASH, M. (2000). The effects of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustments in leg, trunk, and arm muscles during standing. *Experimental Brain Research*, *135*(1), 81–93. <https://doi.org/10.1007/s002210000492>
- SIMON, S. R., *et al.* . The in VII/O. In *J Bwtnrc~homx* (Vol. 192). Pergamm Press.
- SNIPPEN, N. C., *et al.* (2022). Training for occupational health physicians to involve significant others in the return-to-work process of workers with chronic diseases: a randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2107091>
- Sociedade Brasileira de Reumatologia. (2003). *Osteoartrite (Artrose): Tratamento*.
- STEWART, J., *et al.* (2018). Circadian dysfunction and fluctuations in gait initiation impairment in Parkinson's disease. *Experimental Brain Research*, *236*(3), 655–664. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5163-5>
- SUN, J., *et al.* (2017). Clinical gait evaluation of patients with knee osteoarthritis. *Gait and Posture*, *58*, 319–324. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.08.009>
- SYED, I. Y., & DAVIS, B. L. (2000). Obesity and osteoarthritis of the knee: Hypothesis concerning the *relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking*. *Medical Hypotheses*, *54*(2), 182–185. <https://doi.org/10.1054/mehy.1999.0013>
- TASCIOGLU, F. *et al.* (2010). Short-term Effectiveness of Ultrasound Therapy in Knee Osteoarthritis. In *The Journal of International Medical Research*.
- TEO, P. L., *et al.* (2019). Identifying and prioritizing clinical guideline recommendations most relevant to physical therapy practice for hip and/or knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *49*(7), 501–512. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8676>
- TINETTI, M. E., *et al.* (1995). Risk Factors for Serious Injury During Falls by Older Persons in the Community. *Journal of the American Geriatrics Society*, *43*(11), 1214–1221. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07396.x>
- UEMURA, K. *et al.* (2011). Effect of dual-tasking on the center of pressure trajectory at gait initiation in elderly fallers and non-fallers.
- VAN DOORMAAL, *et al.* (2020). A clinical practice guideline for physical therapy in patients with hip or knee osteoarthritis. *Musculoskeletal Care*, *18*(4), 575–595. <https://doi.org/10.1002/msc.1492>
- VITON, J.-M. *et al.* (2000). Asymmetry of Gait Initiation in Patients With Unilateral Knee Arthritis.
- WANG, C. Y., *et al.* (2011). Comparison of virtual reality versus physical reality on movement characteristics of persons with Parkinson's disease: Effects of moving targets. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *92*(8), 1238–1245. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.03.014>

WIBELINGER L. M., B. J. S. (2013). Effects of conventional physiotherapy and wii therapy on pain and.

WINTER, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking.

WONG, W. Y., & WONG, M. S. (2008). Smart garment for trunk posture monitoring: A preliminary study. *Scoliosis*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/1748-7161-3-7>

XIE, L., & WANG, J. (2019). Anticipatory and compensatory postural adjustments in response to loading perturbation of unknown magnitude. *Experimental Brain Research*, 237(1), 173–180. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5397-x>

Yoshida, S., *et al.* (2008). Anticipatory postural adjustments modify the movement-related potentials of upper extremity voluntary movement. *Gait and Posture*, 27(1), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.02.006>

CONCLUSÃO

O atual estudo demonstrou que *Metamotion C* é válido e apresenta alta confiabilidade para avaliação de APAs na iniciação do passo em indivíduos com OA de joelho, e que a RV pode ser utilizada como um recurso terapêutico aliado à cinesioterapia para melhora dos parâmetros de APA em indivíduos com OA de joelho.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J. C. *et al.* Validation of Inertial Sensor to Measure Barbell Kinematics across a Spectrum of Loading Conditions. *Sports*, 8(7), 2020. <https://doi.org/10.3390/sports8070093>
- AL-AMRI, *et al.* Inertial measurement units for clinical movement analysis: Reliability and concurrent validity. *Sensors (Switzerland)*, 18(3), 2018. <https://doi.org/10.3390/s18030719>
- AMICI, C. *et al.* Quantitative analysis of voluntary movement and anticipatory postural adjustments: a functional approach. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 24(15), 1660–1669, 2021. <https://doi.org/10.1080/10255842.2021.1906866>
- AUVINET, B., *et al.* Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. In *Gait and Posture (Vol. 16)*, 2022. www.elsevier.com/locate/gaitpost
- BERVOETS, D. C., *et al.* Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 61(3), 106–116, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.018>
- BET Patricia. Sensores inerciais moveis no rastreo e predicão de risco de quedas em idosos. 2019.
- BOHIL, C. J., ALICEA, B., & BIOCCA, F. A. Virtual reality in neuroscience research and therapy. In *Nature Reviews Neuroscience (Vol. 12, Issue 12)*, 2011. <https://doi.org/10.1038/nrn3122>
- BONORA, G., *et al.* A new instrumented method for the evaluation of gait initiation and step climbing based on inertial sensors: A pilot application in Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1), 2015. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0038-0>
- BONORA, G., *et al.* Gait initiation is impaired in subjects with Parkinson's disease in the OFF state: Evidence from the analysis of the anticipatory postural adjustments through wearable inertial sensors. *Gait and Posture*, 51, 218–221, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.10.017>
- BOUISSET, S., & ZATTARA, M. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. *Vol. 20, Issue 8*, 1987.
- BOURRELIER, J. *et al.* Enhancement of anticipatory postural adjustments by virtual reality in older adults with cognitive and motor deficits: A randomised trial. *Geriatrics (Switzerland)*, 6(3), 2021. <https://doi.org/10.3390/geriatrics6030072>
- CARONNI, A., & CAVALLARI, P. Anticipatory postural adjustments stabilise the whole upper-limb prior to a gentle index finger tap. *Experimental Brain Research*, 194(1), 59–66, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1668-2>
- CAVALLARI, P. *et al.* The organization and control of intra-limb anticipatory postural adjustments and their role in movement performance. In *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 10, Issue OCT 2016. *Frontiers Media S. A.* <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00525>
- COIMBRA, I. B., PLAPLER, P. G., & DE CAMPOS, G. C. Generating evidence and understanding the treatment of osteoarthritis in Brazil: A study through Delphi methodology. *Clinics*, 74. 2019. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e722>
- COIMBRa IB, P. E. G. J. P. M. R. C. F. M. F. H. E.. Osteoartrite (Artrose): Tratamento. 2003.

CRENNA, P., & FRIGO, C. A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. In *Journal of Physiology*, Vol. 437, 1991.

CYRILLO, F. N. Efeito do uso de vídeo game na reabilitação de pacientes com Osteoartrite de joelho. 2018.

DA COSTA MORAES, A. A., et al. Validity and Reliability of Smartphone App for Evaluating Postural Adjustments during Step Initiation. *Sensors*, 22(8), 2022a. <https://doi.org/10.3390/s22082935>

DA SILVA SOARES, F, et al. What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clinical Biomechanics*, 74, 51–57, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.02.007>

DA SILVA SOARES, F, et al. What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clinical Biomechanics*, 74, 51–57, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.02.007>

DESAI, R., et al. Evaluation of gait initiation using inertial sensors in Huntington’s Disease: insights into anticipatory postural adjustments and cognitive interference. *Gait and Posture*, 87, 117–122, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.021>

Diretrizes, P. (n.d.). Autoria: Sociedade Brasileira de Reumatologia.

DUARTE, M. B. et al. Wearable Inertial Sensor Approach for Postural Adjustment Assessments during Predictable Perturbations in Sport. *Sensors*, 22(21), 8272, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22218272>

ESFANDIARI, E., et al. Gait initiation and lateral wedge insole for individuals with early knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*, 80, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105163>

ETTINGER, W. H., & AFABLE, R. F. Physical disability from knee osteoarthritis - the role of exercise as an intervention. 1994.

Farinelli, V., et al. A Novel Viewpoint on the Anticipatory Postural Adjustments During Gait Initiation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 2021. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.709780>

FERNANDES, M.. Tradução e validação do questionário de qualidade de vida específico para osteoartrose womac (Western Ontario and McMaster Universities) para a língua portuguesa. 2002.

FLECK, S. J., & KRAEMER, W. J. (2017). *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular - 4ª Edição*.

FRAMINGHAM, T., THE PREVALENCE OF IN THE KNEE OSTEOARTHRITIS ELDERLY Osteoarthritis Study. 1987.

FRANCHIGNONI, F. et al. Using psychometric techniques to improve the balance evaluation systems test: The mini-bestest. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(4), 323–331, 2010. <https://doi.org/10.2340/16501977-0537>

FRANSEN, M. Exercise for osteoarthritis of the knee. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2015, Issue 1). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004376.pub3>

- GOH, S. L. Efficacy and potential determinants of exercise therapy in knee and hip osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 62, Issue 5, pp. 356–365, 2019). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.006>
- GOMES, V. M. DA S. A *et al.* Efeitos da utilização da reabilitação virtual nas alterações posturais de indivíduos idosos. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 46112–46124, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-296>
- HALEY, S. M., & FRAGALA-PINKHAM, M. A. Number 5. In *Physical Therapy*, Vol. 86, 2006.
- HARVEY, L. A., BROSSEAU, L., & HERBERT, R. D. Continuous passive motion following total knee arthroplasty in people with arthritis. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2014, Issue 2). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004260.pub3>
- HONEINE, J. L., SCHIEPPATI, M., CRISAFULLI, O., & DO, M. C. The neuro-mechanical processes that underlie goal-directed medio-lateral APA during gait initiation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(AUG2016). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00445>
- Imamura, M., *et al.* Radial extracorporeal shock wave therapy for disabling pain due to severe primary knee osteoarthritis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(1), 54–62, 2017. <https://doi.org/10.2340/16501977-2148>
- Jan, M. H., *et al.* Investigation of clinical effects of high- and low-resistance training for patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 88(4), 427–436, 2008. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060300>
- KATOH, H. Effect of lateral-wedge insole on the center of foot pressure and lower extremity muscle activity at gait initiation in patients with medial knee osteoarthritis. 2019.
- KELLGREN, J. H., & LAWRENCE, J. S. Radiological assessment of osteo-arthritis. In *Ann. rheum. Dis.* 1957.
- KUBICKI, A., *et al.* Motor-prediction improvements after virtual rehabilitation in geriatrics: Frail patients reveal different learning curves for movement and postural control. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 109–118, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.128>
- KUŞ, G. *et al.* Sensory-Motor Training Versus Resistance Training in the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Rehabilitation*, 2022. 026921552211376. <https://doi.org/10.1177/02692155221137642>
- LI, Z., *et al.* The Effect of Virtual Reality Training on Anticipatory Postural Adjustments in Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Preliminary Study. *Neural Plasticity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9975862>
- LIN, Y. T., LEE, W. C., & HSIEH, R. L. Active video games for knee osteoarthritis improve mobility but not WOMAC score: A randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 63(6), 458–465, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.008>
- MACKINNON, C. D., *et al.* Preparation of anticipatory postural adjustments prior to stepping. *Journal of Neurophysiology*, 97(6), 4368–4379, 2007. <https://doi.org/10.1152/jn.01136.2006>
- MANIAR, R. N. *et al.* To use or not to use continuous passive motion post-total knee arthroplasty. Presenting functional assessment results in early recovery. *Journal of Arthroplasty*, 27(2), 2012. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.04.009>

MARTINEZ-MENDEZ, R., SEKINE, M., & TAMURA, T. Detection of anticipatory postural adjustments prior to gait initiation using inertial wearable sensors. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8(1), 2011. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-17>

MASSION, J. *Progress in Neurobiology* Voi, Vol. 38, 1992.

MOORE, S. , *et al.* Investigation of Evidence for Anticipatory Postural Adjustments in Seated Subjects Who Performed a Reaching Task. 1992.

NA, A., & BUCHANAN, T. S. Validating Wearable Sensors Using Self-Reported Instability among Patients with Knee Osteoarthritis. *PM and R*, 13(2), 119–127, 2021. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12393>

PALMER, S., *et al.* Transcutaneous electrical nerve stimulation as an adjunct to education and exercise for knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Arthritis Care and Research*, 66(3), 387–394, 2014. <https://doi.org/10.1002/acr.22147>

R J JEFFERSON, J. J. C. B. M. AND M. W. W. (1990). The role of the quadriceps in controlling impulsive forces around heel strike.

RADIN, E. L., *et al.* (1991). Relationship Between Lower Limb Dynamics and Knee Joint Pain. In *Journal of Orthopaedic Research*.

ROGERS, M. W., & PAI, Y.-C. (1990). Experimental Brain Research Dynamic transitions in stance support accompanying leg flexion movements in man. In *Exp Brain Res* (Vol. 81).

SANTOS, M. J., KANEKAR, N., & ARUIN, A. S. (2010). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.006>

SHI, J., *et al.* (2016). Effect of ultrasound therapy for knee osteoarthritis: A meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trials. In *Int J Clin Exp Med* (Vol. 9, Issue 11). www.ijcem.com/

SHIOZAWA, S., HIRATA, R. P., & GRAVEN-NIELSEN, T. (2015). Center of pressure displacement of standing posture during rapid movements is reorganised due to experimental lower extremity muscle pain. *PLoS ONE*, 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144933>

SHROUT, P. E., & FLEISS, J. L. (1979). Intraclass Correlations: Uses in Assessing Rater Reliability. In *Psychological Bulletin* (Vol. 86, Issue 2).

SIJPER, H., & LATASH, M. (2000). The effects of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustments in leg, trunk, and arm muscles during standing. *Experimental Brain Research*, 135(1), 81–93. <https://doi.org/10.1007/s002210000492>

SIMON, S. R., *et al.* THE IN VII/O. In *J Bwtnrc~homx* (Vol. 192). Pergamm Press.

SNIPPEN, N. C., DE VRIES, H. J., HAGEDOORN, M., & BROUWER, S. (2022). Training for occupational health physicians to involve significant others in the return-to-work process of workers with chronic diseases: a randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2107091>

Sociedade Brasileira de Reumatologia. (2003). Osteoartrite (Artrose): Tratamento.

- STEWART, J., *et al.* (2018). Circadian dysfunction and fluctuations in gait initiation impairment in Parkinson's disease. *Experimental Brain Research*, 236(3), 655–664. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5163-5>
- SUN, J (2017). Clinical gait evaluation of patients with knee osteoarthritis. *Gait and Posture*, 58, 319–324. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.08.009>
- SYED, I. Y., & DAVIS, B. L. (2000). Obesity and osteoarthritis of the knee: Hypothesis concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Medical Hypotheses*, 54(2), 182–185. <https://doi.org/10.1054/mehy.1999.0013>
- TASCIOGLU, F. *et al.* (2010). Short-term Effectiveness of Ultrasound Therapy in Knee Osteoarthritis. In *The Journal of International Medical Research*.
- TEO, P. L., *et al.* Identifying and prioritizing clinical guideline recommendations most relevant to physical therapy practice for hip and/or knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 49(7), 501–512, 2019. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8676>
- TINETTI, M. E., *et al.* (1995). Risk Factors for Serious Injury During Falls by Older Persons in the Community. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(11), 1214–1221. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07396.x>
- UEMURA, K., *et al.* (2011). Effect of dual-tasking on the center of pressure trajectory at gait initiation in elderly fallers and non-fallers.
- VAN DOORMAAL, M. C. M., *et al.* (2020). A clinical practice guideline for physical therapy in patients with hip or knee osteoarthritis. *Musculoskeletal Care*, 18(4), 575–595. <https://doi.org/10.1002/msc.1492>
- VITON, J.-M., *et al.* (2000). Asymmetry of Gait Initiation in Patients With Unilateral Knee Arthritis.
- WANG, C. Y., *et al.* (2011). Comparison of virtual reality versus physical reality on movement characteristics of persons with Parkinson's disease: Effects of moving targets. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(8), 1238–1245. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.03.014>
- WIBELINGER L. M., B. J. S. (2013). Effects of conventional physiotherapy and wii therapy on pain and.
- WINTER, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking.
- WONG, W. Y., & WONG, M. S. (2008). Smart garment for trunk posture monitoring: A preliminary study. *Scoliosis*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/1748-7161-3-7>
- XIE, L., & WANG, J. (2019). Anticipatory and compensatory postural adjustments in response to loading perturbation of unknown magnitude. *Experimental Brain Research*, 237(1), 173–180. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5397-x>
- YOSHIDA, S., *et al.* (2008). Anticipatory postural adjustments modify the movement-related potentials of upper extremity voluntary movement. *Gait and Posture*, 27(1), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.02.006>