



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

FACULDADE DE MEDICINA

FABIANA DA SILVA SOARES

**AJUSTES POSTURAIS ANTECIPATÓRIOS ADOTADOS POR INDIVÍDUOS COM
OSTEOARTRITE DE JOELHO NO INÍCIO DA MARCHA: EFEITOS DO NÍVEL DE
SEVERIDADE E TRATAMENTO**

UBERLÂNDIA

2022



FABIANA DA SILVA SOARES

**AJUSTES POSTURAIS ANTECIPATÓRIOS ADOTADOS POR INDIVÍDUOS COM
OSTEOARTRITE DE JOELHO NO INÍCIO DA MARCHA: EFEITOS DO NÍVEL DE
SEVERIDADE E TRATAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde.

Área de concentração: Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionísio

UBERLÂNDIA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S676a
2022

Soares, Fabiana da Silva, 1992-

Ajustes posturais antecipatórios adotados por indivíduos com osteoartrite de joelho no início da marcha [recurso eletrônico] : efeitos do nível de severidade e tratamento / Fabiana da Silva Soares. - 2022.

Orientador: Valdeci Carlos Dionísio.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2022.5312>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

I. Ciências médicas. I. Dionísio, Valdeci Carlos, 1965-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. III. Título.

CDU: 61

Glória Aparecida
Bibliotecária - CRB-6/2047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde
Av. Pará, 1720, Bloco 2H, Sala 11 - Bairro Umarama, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 3225-8628 - www.ppcsafamed.ufu.br - ppcsafamed@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências da Saúde				
Defesa de:	Tese de Doutorado Nº 07/PPCSA				
Data:	09.05.2022	Hora de início:	14:00h	Hora de encerramento:	18:30h
Matrícula do Discente:	11813CSD010				
Nome do Discente:	Fabiana da Silva Soares				
Título do Trabalho:	AJUSTES POSTURIAS ANTECIPATÓRIOS ADOTADOS POR INDIVÍDUOS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO NO INICIO DA MARCHA: EFEITOS DO NÍVEL DE SEVERIDADE E TRATAMENTO				
Área de concentração:	Ciências da Saúde				
Linha de pesquisa:	3: FISIOPATOLOGIA DAS DOENÇAS E AGRAVOS À SAÚDE				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	BIOMECÂNICA E TRATAMENTO DE LESÕES MUSCULOESQUELÉTICAS E NEUROMUSCULARES				

Reuniu-se em web conferência pela plataforma Mconf-RNP, em conformidade com a PORTARIA Nº 36, DE 19 DE MARÇO DE 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, assim composta: Profs. Drs. Gilmar Moraes Santos (UDESC), Adriano Prado Simão (UNIFAL), Denise Hollanda Iunes (UNIFAL), Nuno Miguel Lopes de Oliveira (UFTM) e Valdeci Carlos Dionísio (UFU), orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos, o presidente da mesa, Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionísio, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **Gilmar Moraes Santos**, Usuário Externo, em 09/05/2022,



às 17:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Hollanda lunes, Usuário Externo**, em 09/05/2022, às 17:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Prado Simão, Usuário Externo**, em 09/05/2022, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Valdeci Carlos Dionisio, Presidente**, em 09/05/2022, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nuno Miguel Lopes de Oliveira, Usuário Externo**, em 10/05/2022, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3580994** e o código CRC **6EEC1490**.

FABIANA DA SILVA SOARES

AJUSTES POSTURAIS ANTECIPATÓRIOS ADOTADOS POR INDIVÍDUOS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO NO INÍCIO DA MARCHA: EFEITOS DO NÍVEL DE SEVERIDADE E TRATAMENTO

Presidente da banca (orientador): Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionísio

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde.

Área de concentração: Ciências da Saúde.

Banca Examinadora

Titular: Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionísio

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia

Titular: Gilmar Moraes Santos

Instituição: Universidade Estadual de Santa Catarina - SC

Titular: Adriano Prado Simão

Instituição: Universidade Federal de Alfenas – MG

Titular: Denise Hollanda Iunes

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - MG

Titular: Nuno Miguel Lopes de Oliveira

Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro - MG

*A Deus, que me abençoou com um novo proposito de vida (minha família) e me concedeu força
para trilhar toda esta jornada!*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionisio, pelos anos de orientação, confiança, paciência, incentivo e compreensão. Obrigada pelos conhecimentos transmitidos e pelos conselhos de vida!

Aos meus irmãos Cristiana e Marcos que me apoiaram em momentos cruciais, e contribuíram genuinamente para a formação do meu caráter.

Ao meu companheiro de vida, Tihago, por permanecer ao meu lado nessa jornada. Obrigada por acreditar nos meus sonhos, me apoiar em todos os meus projetos e me impulsionar nos momentos de exaustão. Em meio a tantas preocupações, estresse, descontentamento e cansaço, você sempre me acolheu com um abraço. Obrigada por ser a minha calma e sempre acreditar que isso seria possível!

A minha filha Mariana, que redirecionou a minha vida e me permitiu evoluir como ser humano. Seu olhar puro e inocente me transmite paz, e seu sorriso meigo me dá forças para encarar diariamente os percalços da vida.

Aos profissionais do Laboratório de Neuromecânica e Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia (LANEF –UFU), em especial ao Mário Eduardo, que esteve sempre de prontidão para auxiliar-nos na organização do espaço físico.

Agradeço as minhas parceiras de pós-graduação, Vanessa Martins e Mariana Nunes por todo o empenho na condução desta pesquisa. Aos discentes da graduação Amanda, Gina, Sara, Luiza, Mariane Regina, Mariane Damaso, Lorena, Laís, Gustavo, Giovanna, Geovani, Ana Carolina, que nos auxiliaram na execução da pesquisa.

Ao Prof.^a Dr. Wallisen Tadashi, por contribuir com a análise estatística.

E a todos que participaram e contribuíram de alguma maneira para a realização desta pesquisa, meu sincero agradecimento!

“Queira,

Basta ser sincero e desejar profundo”

Raul Santos Seixas

RESUMO

Introdução: O início da marcha é uma tarefa funcional que requer ajustes posturais antecipatórios. A capacidade de se gerar ajustes posturais adequados pode ser comprometida em indivíduos com idade avançada e com disfunções osteomusculares, como a osteoartrite de joelho (OAJ), aumentando o risco de queda dos mesmos. A OAJ é uma doença articular degenerativa, caracterizada pela presença de dor, rigidez, déficit de força e equilíbrio postural. Seus sintomas são mais evidentes de acordo com a sua progressão, e podem afetar o desempenho funcional e a forma como estes indivíduos caminham. Portanto, indivíduos com OAJ podem apresentar padrões de ajustes posturais alterados, e tais padrões podem ser agravados de acordo com o nível de severidade da doença. Apesar de os exercícios regulares serem fortemente recomendados no manejo da OAJ, não há registros sobre o efeito dos mesmos sobre os ajustes posturais nessa população, durante o início da marcha. **Objetivos:** comparar os ajustes posturais antecipatórios adotados por indivíduos com diferentes graus de severidade de OAJ no início da marcha, e comparar os efeitos de um programa de exercícios resistidos e aeróbicos e intervenção mínima sobre os ajustes posturais, intensidade de dor, força e função física. **Métodos:** Sessenta e sete indivíduos com OAJ (em níveis leve, moderado e grave) e 11 controles saudáveis foram submetidos a avaliação da intensidade de dor, desempenho físico autorrelatado, força muscular e ajustes posturais antecipatórios no início da marcha, através da escala numérica de dor, *Westerm Ontario and McMaster Universities*, teste de força muscular isométrica e posturografia, respectivamente. Dentre os indivíduos com OAJ, 64 foram submetidos ao programa de exercícios resistidos, aeróbicos, e intervenção mínima, e foram avaliados após a intervenção. O programa de exercícios foi realizado três vezes por semana, durante oito semanas. Os exercícios resistidos foram constituídos de fortalecimento com cargas progressivas dos músculos abdutores de quadril, quadríceps femoral e tibial anterior (quatro séries de seis repetições). Os exercícios aeróbicos foram constituídos de 40 minutos de bicicleta ergométrica, com intensidade de aproximadamente 70% da frequência cardíaca máxima. A intervenção mínima, por outro lado, consistiu em um programa de educação e execução domiciliar de parte do protocolo de exercícios. **Resultados:** Nossos achados demonstraram que durante o início da marcha, indivíduos com níveis moderados e grave de OAJ, quando comparado ao grupo controle saudável, adotam ajustes posturais antecipatórios mais lentos e duradouros, com menor deslocamento do centro de pressão e menor fase de locomoção. Após serem submetidos a oito semanas de exercícios resistidos e aeróbicos, os indivíduos com OAJ revelaram menor

deslocamento póstero-lateral e maior duração do deslocamento médio-lateral do centro de pressão no início da marcha. Adicionalmente, demonstraram menor intensidade de dor, maior força muscular e melhor desempenho funcional. Paralelamente, os indivíduos com OAJ submetidos a intervenção mínima demonstraram menor duração do deslocamento póstero-lateral do centro de pressão e da fase locomotora, e melhor desempenho funcional.

Conclusões: Indivíduos com OAJ, visando proteger a articulação, alteram os padrões de ajustes posturais antecipatórios durante o início da marcha, e tais ajustes são significativamente agravados pelo nível de gravidade da OAJ. Intervenções pautadas em exercícios resistidos, aeróbicos e educação produzem poucas mudanças sobre o padrão de ajustes posturais antecipatórios no início da marcha, e melhoram significativamente a apresentação clínica dessa população.

Palavras-chave: osteoartrite de joelho; ajustes posturais antecipatórios; início da marcha; severidade; exercícios resistidos; exercícios aeróbicos.

ABSTRACT

Background: Gait initiation is a functional task that requires anticipatory postural adjustments. The ability to generate adequate postural adjustments can be compromised in individuals with advanced age and musculoskeletal disorders, such as knee osteoarthritis (KOA), increasing their risk of falling. KOA is a degenerative joint disease characterized by the presence of pain, stiffness, and deficit in strength and postural balance. The symptoms are more evident as KOA progresses and can affect functional performance and the way these individuals walk. Therefore, individuals with KOA may present with altered postural adjustments, and these changes can be aggravated according to the level of severity of the disease. Although regular exercises are highly recommended in the management of KOA, there are no records of their effect on postural adjustments in this population during gait initiation.

Objective: to compare the anticipatory postural adjustments adopted by individuals with different levels of KOA severity in the gait initiation, and to compare the effects of resistance and aerobic exercise program and minimal intervention on postural adjustments, pain intensity, strength and physical function. **Methods:** Sixty-seven individuals with KOA (mild, moderate and severe levels) and eleven healthy controls were submitted to pain intensity assessment, self-reported physical performance, muscle strength and anticipatory postural adjustments adopted in the gait initiation, through the Numerical Pain Scale, Western Ontario and McMaster Universities, isometric muscle strength test and posturography, respectively. Among the individuals with KOA, 64 underwent a program of resistance exercises, aerobics, and minimal interventions, and were assessed after the intervention. The exercise program was performed three times a week for eight weeks. The resistance exercises consisted of strengthening with progressive of the hip abductor muscles, quadriceps femoris and tibialis anterior (four sets of six repetitions). Resistance exercises consisted of 40 minutes in the stationary bicycle, with an intensity of approximately 70% of maximum heart rate. Other hand, the minimal intervention consisted in the education program and home execution of part of the exercise protocol. **Results:** Our findings showed that during gait initiation, individuals with moderate and severe levels of KOA, when compared to the healthy control group, adopt slower and longer-lasting anticipatory postural adjustments, less displacement of the center of pressure and a shorter phase of locomotion. After submitted eight weeks of resistance and aerobic exercises, individuals with KOA showed less posterolateral displacement and longer duration of mediolateral displacement of the center of pressure at the gait initiation.

Additionally, they demonstrated less pain intensity, greater muscle strength and better functional performance. At the same time, individuals with KOA submitted to minimal intervention demonstrated less duration of posterolateral displacement of the center of pressure and locomotor phase, and better functional performance. Conclusions: Individuals with KOA, in order to protect the joint, change the patterns of anticipatory postural adjustments during gait initiation, and such adjustments are significantly worsened by the level of severity of KOA. Interventions based on resistance and aerobic exercises and education produce few change in the pattern of anticipatory postural adjustments at the gait initiation, and significantly improve the clinical presentation of this population.

Keywords: Knee osteoarthritis; Anticipatory Postural Adjustments; Gait initiation; Severity; Resistance exercises; Aerobic exercises.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Radiografia ântero-posterior (AP) do joelho esquerdo com osteoartrite.....	19
Figura 2 - Avaliação da força muscular isométrica dos abdutores do quadril (A), quadríceps femoral (B) e tibial anterior (C).....	26
Figura 3 - Plataforma de Força retangular de três componentes.	28
Figura 4 - Trajetória do Centro de Pressão no início da marcha.	32

Artigo 1

Figura 1 - Divisões das fases de deslocamento do centro de pressão (CoP) durante o início da marcha com o membro esquerdo oscilando para frente..	44
Figura 2 - Deslocamento do centro de pressão (CoP) entre os grupos com KOA (leve, moderado e grave) e o grupo controle para o membro esquerdo (A) e direito (B) balançando para frente, realizado por um sujeito de cada grupo.....	51

Artigo 2

Figura 1 - Diagrama de fluxo de estudo.	83
Figura 1s - Divisões de deslocamento do centro de pressão (CoP) durante o início da marcha (GI)..	93
Figura 2s - Exercício resistido de quadríceps em cadeira extensora (A), exercício resistido de abdutores de quadril com pesos livres (B) e exercício resistido do tibial anterior com bandas elásticas de carga (C).....	94

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Table 1. Características dos participantes.....	42
Table 2. Spearman`s rho entre IMC e variaveis durante o inicio da marcha.	46
Table 3. Parametros de ajustes posturais no membro direito	48
Table 4. Parametros de ajustes posturais no membro esquerdo.	49

Artigo 2

Table 1. Características dos participantes.....	84
Table 2. Comparação dos ajustes posturais antecipatórios durante a oscilação do membro menos acometido antes e após a intervenção.	85
Table 3. Comparação dos grupos dos ajustes posturais antecipatórios entre durante a oscilação do membro menos acometido antes e após a intervenção	86
Table 4. Comparação dos ajustes posturais antecipatórios durante a oscilação do membro mais acometido antes e após a intervenção.	87
Table 5. Comparação dos grupos dos ajustes posturais antecipatórios entre durante a oscilação do membro menos acometido antes e após a intervenção	89
Table 1s. Comparação de força, dor e função física antes e após a intervenção.	91
Table 2s. Comparação entre os grupos de força muscular, dor e função física antes e após a intervenção.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CoM	Centro de Massa
SNC	Sistema Nervoso Central
APAs	Ajustes Posturais Antecipatórios
CoP	Centro de Pressão
AP	Ântero-posterior
ML	Médio-lateral
IM	Início da marcha
TS	Tríceps sural
TA	Tibial anterior
ABD	Abdutores
QF	Quadríceps femoral
OAJ	Osteoartrite de joelho
ADM	Amplitude de Movimento
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities
VAS	Visual Analog Scale
NRS	Numeric Rating Scale
KOOS	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
IASP	Associação Internacional para Estudos da Dor
AVD's	Atividades de Vida Diária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Osteoartrite de joelho.....	17
2.2	Dor na Osteoartrite de Joelho	20
2.3	Desempenho Funcional na Osteoartrite de Joelho	22
2.4	Função Muscular na Osteoartrite de Joelho.....	24
2.5	Ajustes Posturais Antecipatórios	26
2.6	Ajustes Posturais Antecipatórios no Início da Marcha.....	28
2.7	Ajustes Posturais Antecipatórios e a Osteoartrite de Joelho.....	30
2.8	Intervenções na Osteoartrite de Joelho	33
3	OBJETIVO GERAL	36
4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
5	HIPÓTESES	37
6	ARTIGO 1.....	38
7	ARTIGO 2.....	61
	REFERÊNCIAS	95
	APÊNDICE A	115
	ANEXO A.....	117
	ANEXO B	122

1 INTRODUÇÃO

O desempenho de tarefas funcionais, sejam elas dinâmicas ou estáticas, depende do controle postural adequado (BOUISSET; DO, 2008) perante as perturbações geradas pelo movimento, que podem alterar o equilíbrio postural (SANTOS; KANEKAR; ARUIN, 2010). Para garantir um movimento seguro e eficiente, o sistema nervoso central (SNC) utiliza ajustes posturais antecipatórios (APAs) no eixo ântero-posterior e médio-lateral, que viabilizam o deslocamento do centro de pressão (CoP) e reposicionam o centro de massa (CoM) (MASSION, 1992), atenuando as alterações de equilíbrio.

O início da marcha (IM), caracterizado pela transição da posição estática para a dinâmica (ELBLE *et al.*, 1994; YIOU, *et al.*, 2017), impõe desafios aos sistemas responsáveis pelo controle postural e tem sido utilizado como instrumento para avaliar o equilíbrio postural em idosos (CHANG; KREBS, 1999). Trata-se de uma tarefa que envolve redução da base de suporte, deslocamento do CoM e momento de instabilidade (TISSERAND *et al.*, 2016). Portanto, requer APAs marcados pelo deslocamento posterior e lateral do CoP em direção ao membro em oscilação, e a propulsão do CoM em direção ao membro em apoio (CRENNA; FRIGO, 1991; POLCYN; LIPSITZ; KERRIGAN, 1998), para evitar possíveis distúrbios posturais.

Indivíduos com idade avançada, excesso de peso e disfunções neurológicas ou osteomusculares, como osteoartrite, podem apresentar alterações nos sistemas envolvidos no controle do equilíbrio, causando dificuldades na produção de APAs adequados durante o IM (WINTER, 1995; REMELIUS *et al.*, 2008; TATEUCHI *et al.*, 2011; UEMURA, *et al.*, 2011; CAU *et al.*, 2014; TATEUCHI *et al.*, 2017; REMELIUS, 2008; STEWART *et al.*, 2018). A inabilidade de gerar APAs adequados, por sua vez, pode comprometer o controle postural e aumentar o risco de quedas (SUN *et al.*, 2017). Estudos demonstram que atividades que envolvem transferência de peso e deslocamento do CoM, como o IM, estão frequentemente associados a episódios de quedas em idosos (TINETTI *et al.*, 1995; ROBINOVITCH *et al.*, 2013).

A osteoartrite de joelho (OAJ) é uma doença articular degenerativa de alta incidência na população idosa (LAWRENCE *et al.*, 2008; BUSIJA *et al.*, 2010). A OAJ é caracterizada por dor, rigidez, crepitações articulares, derrame ocasional e diferentes graus de inflamação local. Além disso, gera instabilidade articular, redução da amplitude de movimento (ADM) e da força muscular, e déficit da acuidade sensório-motora (FELSON *et al.*, 2000), que somados ao

aumento de peso desta população, contribui para o comprometimento do equilíbrio postural (MASUI *et al.*, 2006, KIM *et al.*, 2011) e da função física (WHITE; MASTER, 2016). Esses sinais e sintomas variam entre os indivíduos, mas em geral, se tornam mais acentuados e incapacitantes de acordo com o avanço da doença (HSU; SIWIEC, 2022). Estudos demonstraram que indivíduos com OAJ, visando reduzir a carga articular, alteram os parâmetros cinéticos e cinemáticos durante a marcha (HURWITZ *et al.*, 2002; MANETTA *et al.*, 2002; MÜNDERMANN *et al.*, 2005). Tais parâmetros (KISS, 2011), além do desempenho funcional (GUCCIONE *et al.*, 2011) e o controle do equilíbrio (KIM *et al.*, 2011) são mais afetados naqueles indivíduos com estágios mais avançados da OAJ. O mesmo poderia acontecer com os APAs, no entanto, não há estudos que investigaram os padrões de ajustes posturais em indivíduos com diferentes níveis de severidade de OAJ durante o IM.

Apesar da OAJ não ter cura, o tratamento conservador é amplamente indicado no manejo da dor e preservação da função física (MCALINDON *et al.*, 2014; GEENEN *et al.*, 2018; RICE *et al.*, 2019). Dentre as medidas de tratamento conservador disponíveis, as evidências recomendam fortemente os exercícios regulares para o tratamento da OAJ, independentemente da severidade da doença (JUHL *et al.*, 2014; MCALINDON *et al.*, 2014; BROSSEAU *et al.*, 2017a,b) e seus benefícios podem se manter por até seis meses após o tratamento (FRANSEN *et al.*, 2015). Tais benefícios variam de acordo com a modalidade utilizada (GOH *et al.*, 2019). No entanto, até o momento não existem registros que demonstrem os efeitos de diferentes exercícios sobre os APAs adotados por indivíduos com OAJ no início da marcha.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Osteoartrite de joelho

A osteoartrite é uma doença crônica degenerativa que afeta progressivamente toda a articulação, comprometendo a cartilagem articular, osso subcondral, ligamentos, capsula, membrana sinovial e músculos periarticulares (BRANDT *et al.*, 2006, MADRY; LUYTEN; FACCHINI, 2012). Predominante em indivíduos idosos (LAWRENCE *et al.*, 2008; BUSIJA *et al.*, 2010), ela pode ser classificada em primária, sem causa subjacente aparente; e secundária, que ocorre em consequência de uma sobrecarga articular pós-traumáticas ou

devido a alterações da cartilagem oriunda de patologias articulares, como a artrite reumatoide (HSU; SIWIEC, 2022).

As articulações que possuem maior incidência de osteoartrite são o joelho, quadril e mão (PRIETO-ALHAMBRA *et al.*, 2014; KOLASINSKI *et al.*, 2020). Dentre estas, o joelho é a articulação mais afetada, por ser uma região submetida a excessivas cargas mecânicas (MIYAZAKI *et al.*, 2002; SHAKOOR *et al.*, 2008). A OAJ pode ser evidenciada na articulação femorotibial, nos compartimentos medial e lateral, e na articulação femoropatelar (LESPASIO *et al.*, 2017).

Embora a fisiopatologia da OAJ ainda esteja sob investigação, acredita-se que sua origem seja multifatorial. Os fatores de risco relacionados aos seu desenvolvimento incluem idade avançada, sexo, obesidade, hereditariedade, lesão prévia e integridade articular função muscular, disfunção sensório-motora e desalinhamento articular (BOSOMWORTH, 2009; LESPASIO *et al.*, 2017). Tais fatores de risco são classificados em modificáveis e não modificáveis. A obesidade e a função muscular são os principais fatores de risco modificáveis (ROOS; ARDEN, 2016) e estão associados a alterações do equilíbrio postural (HASSAN *et al.*, 2001; DUTIL *et al.*, 2013), portanto, tem sido considerado alvo no tratamento da OAJ (LESPASIO *et al.*, 2017).

A OAJ corresponde a aproximadamente 85% dos casos de osteoartrite no mundo (VOS, ALLEN, *et al.*, 2016) e acomete especialmente a população feminina (HUNTER; BIERMA-ZEINSTRA, 2019). Estima-se que 13% das mulheres e 10% dos homens com idade superior a 60 anos apresenta OAJ sintomática. Em contrapartida, nos indivíduos com idade superior a 70 anos, essa porcentagem pode chegar em até 40% (HSU; SIWIEC, 2022). Tendo em vista o crescimento da longevidade e a prevalência da obesidade na população, a incidência da OAJ esta predita em aumentar substancialmente em todo o mundo, gerando encargos significativos nos serviços de saúde (SHAKOOR *et al.*, 2008; HUNTER; BIERMA-ZEINSTRA, 2019).

O diagnóstico da OAJ é baseado principalmente em achados clínicos e, pode ser complementado por evidências radiológicas. Isso porque, a OAJ sintomática não está necessariamente associada as alterações de imagem e a gravidade da doença (HANNAN; FELSON, 2000; LESPASIO *et al.*, 2017). O diagnóstico clínico inclui a presença de dor no joelho, rigidez matinal inferior a 30 minutos, crepitações articulares, alterações da temperatura local, derrame articular, ADM reduzida, e limitação funcional (GOLDBERG, 2020). As imagens radiológicas, por outro lado, podem revelar estreitamento do espaço articular, formação de osteófitos, esclerose do osso subcondral, deformidade óssea (Figura 1)

e, em casos avançados, formação de cistos subcondrais (LESPASIO *et al.*, 2017). A classificação radiográfica mais utilizada é a descrita por Kellgren e Lawrence (1957), que classifica a OAJ em: Grau 0, que faz referência a articulação sem OAJ; Grau 1, faz referência a OAJ duvidosa, caracterizado pela possível presença de osteófitos; Grau 2, faz referência a OAJ leve, com osteófitos bem definidos e possível redução do espaço articular; Grau 3, faz referência a OAJ moderada, evidenciado pela presença de múltiplos osteófitos, redução do espaço articular e esclerose subcondral; e Grau 4, faz referência a OAJ grave, marcado pela presença de osteófitos robustos, importante redução do espaço articular, esclerose subcondral grave e deformidade óssea (KELLGREN; LAWRENCE, 1957).

Figura 1 - Radiografia ântero-posterior (AP) do joelho esquerdo com osteoartrite. Classificação radiográfica: A = OAJ leve; B = OAJ moderada; C = OAJ moderada a grave; D = OAJ grave. As setas indicam estreitamento do espaço articular, osteófitos e deformidade óssea. O asterisco indica esclerose subcondral.



Fonte: LESPASIO *et al.*, (2017).

Embora a OAJ seja classificada radiograficamente, seus sintomas são afetados por diversos outros fatores além das alterações estruturais, como avanço da idade, obesidade e nível de atividade física (SZILAGYI *et al.*, 2022), revelando, portanto, que as características

radiográficas não refletem com precisão os sintomas clínicos da OAJ (BRUYERE *et al.*, 2002; FINAN *et al.*, 2013; PARSONS *et al.*, 2015). A intensidade dos sinais e sintomas variam entre os indivíduos, mas em geral, se tornam mais frequentes e incapacitantes com o avanço da doença (HSU; SIWIEC, 2022).

2.2 Dor na Osteoartrite de Joelho

A dor é um importante sintoma da OAJ. De acordo com a Associação Internacional para Estudos da Dor (IASP), a dor é definida como “uma experiência sensitiva e emocional desagradável associada a uma lesão tecidual real ou potencial, ou descrita nos termos de tal lesão” (RAJA *et al.*, 2020). Apesar da causa da dor na OAJ ainda não ser clara, ela tem sido atribuída às alterações estruturais da articulação e a interação com mecanismos periféricos e centrais (PERROT, 2015). Os processos envolvidos em sua percepção são complexos, porém é conhecido que fatores biológicos, psicológicos e sociais desempenham um papel significativo em sua apresentação clínica (DIEPPE; LOHMANDER, 2005).

A dor também tem sido associada a uma resposta inflamatória crônica (NEOGI *et al.*, 2016), que pode ser relatada em pontos próximos (GWILYM *et al.*, 2009) ou distantes ao joelho (JOERGENSEN *et al.*, 2013). A cartilagem articular é uma estrutura aneural e avascular. Logo, é improvável ser a fonte de dor e inflamação de indivíduos com OAJ (FELSON, 2005). Por outro lado, o osso subcondral e o periósteo, os ligamentos periarticulares, a sinóvia e a cápsula articular são ricamente innervados, e como tal, são passíveis de serem a fonte de nocicepção da OAJ (HUNTER, *et al.*, 2008). Estímulos mecânicos, químicos ou físicos parecem gerar uma série de danos nestas estruturas articulares, que contribuem para a instalação de um processo inflamatório local, que por sua vez, liberam mediadores químicos responsáveis por ativar os nociceptores (HUNTER *et al.*, 2008). Quando os estímulos nociceptivos, transmitidos da periferia para a medula espinhal e córtex cerebral, se tornam acentuados e constantes há um aumento da excitabilidade dos neurônios no corno dorsal, gerando uma neuroplasticidade dos segmentos da medula espinhal e no córtex (ZIMMERMANN, 1989; SCHADRACK *et al.*, 1999), que agora passam a ser ativados por estímulos tidos como normais ou não nocivos (HOHEISEL *et al.*, 1993). Esse fenômeno também é conhecido como sensibilização central, e parece ser o mecanismo responsável por tornar a dor crônica e persistente (NEOGI, 2013). Estudos sugerem que a sensibilização central é a razão para não haver uma relação significativa entre a intensidade de

dor e as alterações estruturais observadas no exame de imagem de indivíduos com OAJ (HANNAN; FELSON, 2000; FINAN *et al.*, 2013).

A dor na OAJ pode variar seu curso e suas características clínicas entre os indivíduos. Ela pode se apresentar como dor constante ou intermitente, com ou sem sensibilização central, em resposta a atividades de vida diária (AVD's) ou ao repouso (PERROT, 2015). Em geral, ela afeta diretamente a força muscular, o padrão de marcha e a oscilação postural dessa população (HASSAN *et al.*, 2001; HENRIKSEN *et al.*, 2010; HENRIKSEN *et al.*, 2011). Além disso, a intensidade da dor está associada a limitações funcionais, ao sofrimento psicológico e a redução da qualidade de vida (CREAMER *et al.*, 2000; DIEPPE, 2005; WILLIAMS *et al.*, 2004).

A dor na OAJ pode ser avaliada através de instrumentos subjetivos ou objetivos. Os instrumentos subjetivos usualmente utilizados são escalas ou questionários, que quantificam a intensidade da dor ou avaliam a sua percepção durante a execução de tarefas específicas (NEOGI, 2013; WHITE; MASTER, 2016). Até o presente momento, não existe um instrumento padrão ouro, porém, os mais utilizados na população com disfunções reumáticas são: escalas que avaliam a dor unidimensional, como *Visual Analog Scale* (VAS) e *Numeric Rating Scale* (NRS), a dor multidimensional, como *McGill Pain Questionnaire*, *Chronic Pain Grade Scale*, e *Short Form 36 Bodily Pain Scale*, e a dor associada ao desempenho físico, como o *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC) e *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score* (KOOS) (HAWKER *et al.*, 2011; WHITE; MASTER, 2016).

Para avaliar a dor no presente estudo, utilizamos a NRS. Esta escala é amplamente utilizada como uma medida unidimensional da intensidade de dor em indivíduos com dor crônica e doenças reumáticas (HAWKER *et al.*, 2011). Trata-se de uma versão numérica segmentada, disposta em uma linha horizontal, na qual a intensidade de dor é classificada entre “0 a 10”, onde zero faz referência a “nenhuma dor” e dez faz referência a “pior dor possível” (RODRIGUEZ, 2001). Os voluntários foram questionados sobre “Em uma escala de 0 a 10, qual a sua intensidade de dor nas últimas 24 horas”. Para os voluntários que faziam uso de analgésicos, solicitamos que os mesmos não utilizassem tais medicamentos no período de 24 horas anteriores a avaliação (HIRATA *et al.*, 2013).

2.3 Desempenho Funcional na Osteoartrite de Joelho

A OAJ está entre as principais condições musculoesqueléticas responsáveis por gerar limitações funcionais em idosos (CROSS *et al.*, 2014; HUNTER; BIERMA-ZEINSTRÄ, 2019). A limitação funcional é caracterizada pela dificuldade na execução das AVD's, como levantar-se da cama ou de uma cadeira, caminhar, subir e descer escadas (JETTE, 2006).

Estudos demonstram que as limitações funcionais são mais evidentes em indivíduos com OAJ em estágios mais avançados (GUCCIONE *et al.*, 2011). Kiss (2011) ao investigar se a variabilidade dos parâmetros da marcha é afetada pela severidade dessa disfunção, observou que os parâmetros espaço-temporais aumentaram e os parâmetros angulares reduziram de acordo com o aumento da severidade da OAJ. Paralelamente, Kim *et al.*, (2011) avaliaram o controle do equilíbrio, por meio de testes clínicos e da posturografia, de acordo com a severidade da OAJ, e constataram que aqueles indivíduos com OAJ moderada a grave apresentam maiores déficits do controle do equilíbrio, quando comparado aqueles com doença leve. Além disso, idosos com OAJ moderada a grave possuem maior probabilidade de sofrer quedas, quando ajustado ao sexo (HARRIS *et al.*, 2022). Essa relação entre o nível de severidade e a capacidade funcional em indivíduos com OAJ pode ser respaldada pela presença de dor e fraqueza muscular e inatividade física, exibida especialmente em indivíduos com níveis avançados de OAJ (JORDAN *et al.*, 1997; TAVARES *et al.*, 2020; HOTEIT *et al.*, 2021).

A intensidade de dor, a força muscular e a obesidade são importantes preditores modificáveis da incapacidade funcional na OAJ (CREAMER *et al.*, 2000). O mecanismo pelo qual a dor contribui para a limitação funcional não é claro. Porém, pessoas com dor da OAJ demonstram ser inativos fisicamente, devido ao medo de reproduzirem a dor, orientações prévias equivocadas e crenças de que o exercício pode gerar prejuízos na estrutura articular. A inatividade física, por sua vez, leva ao desuso muscular e acúmulo de peso que resultam em menor força muscular e, conseqüente, sobrecarga e desconforto articular, gerando um ciclo negativo de dor e inatividade (STEULTJENS *et al.*, 2002; HOOTMAN *et al.*, 2003). Além disso, indivíduos obesos com OAJ possuem dificuldades em se movimentar, devido a desvantagem mecânica gerado pelo aumento de massa corpórea e a redução de massa muscular. (BOHANNON *et al.*, 2005). De acordo com WHITE *et al.*, (2016), a obesidade aumenta em até cinco vezes a chance de indivíduos com OAJ apresentarem declínio progressivo do desempenho funcional.

O baixo desempenho funcional, revelado por medidas de desempenho físico autorrelatado, tem sido fortemente associadas à capacidade de mobilidade (ONDER *et al.*, 2005) e, é considerado um dos maiores problemas de saúde pública em idosos (COURTNEY-LONG *et al.*, 2015). Avaliar com precisão a limitação funcional em indivíduos com OAJ é útil para revelar o impacto da doença, a eficácia de novas intervenções e a evolução do quadro clínico ao longo do tempo (WHITE; MASTER, 2016). Para tal, é necessário o uso de ferramentas apropriadas. Porém, avaliar a função física é um processo complexo devido os seus constructos multidimensionais (WRIGHT *et al.*, 2011).

Atualmente, não há um instrumento padrão-ouro estabelecido para avaliar a capacidade funcional de pessoas com OAJ. Tanto as medidas de autorrelato, quanto as de desempenho são amplamente utilizadas para este fim (DOBSON *et al.*, 2013). Entre as medidas de autorrelato aplicáveis a OAJ se destacam os questionários WOMAC, KOOS e o *Patient Reported Outcomes Measurement Information System* (PROMIS) (WHITE; MASTER, 2016). Por outro lado, as principais medidas de desempenho são: 30-sec *chair-stand test*, 40m *fast-paced walk test*, *stair-climb tests*, *timed Get up and Go test* e *6-min walk test* (DOBSON *et al.*, 2013).

Para avaliar a capacidade funcional no presente estudo utilizamos como medida de autorrelato o questionário WOMAC, que é um instrumento validado e amplamente utilizado em indivíduos com OAJ (FERNANDES, 2002; WHITE; MASTER, 2016). O WOMAC é composto por 24 itens divididos nos subdomínios: dor (cinco itens), rigidez (dois itens) e função física (17 itens). Para pontuá-lo utilizamos a versão *likert* que classifica cada item em cinco níveis que seguem uma escala ordinal de 0 a 4, onde 0 faz referência a “nenhuma dificuldade” e 4 a “extremamente difícil”. Assim, cada subdomínio ao ser somado poderia apresentar pontuação máxima de 20, 8 e 68, respectivamente. O subdomínio função física do WOMAC é composto pela pergunta “Qual o grau de dificuldade que você tem devido à dor, desconforto ou osteoartrite”. São avaliadas tarefas como subir e descer escadas, sentar, ficar de pé, agachar, andar, entrar no carro, fazer compras, calçar e tirar meias, sair da cama, deitar na cama, tomar banho, tarefas domésticas pesadas e leves. A pontuação total do WOMAC varia entre 0 a 96 pontos, sendo que quanto maior a pontuação, pior é a capacidade funcional autorrelatada do indivíduo com OAJ (BELLAMY; BUCHANAN, 1998). Este questionário possui boa confiabilidade e alta consistência interna (WHITE; MASTER, 2016).

2.4 Função Muscular na Osteoartrite de Joelho

Os músculos do membro inferior desempenham um papel importante no desenvolvimento e manejo da OAJ, pois eles contribuem para produção de movimentos, absorção de carga e estabilização articular dinâmica. O déficit de força muscular, especialmente do quadríceps femoral (QF), foi identificado como um fator de predisposição para o início e progressão da OAJ (KRISHNASAMY *et al.*, 2018). Por outro lado, a OAJ é uma condição crônica que repercute negativamente sobre a função muscular (GHAZWAN, WILSON, *et al.*, 2022), que tem sido associada a presença de dor, a limitação física e a alterações na marcha (SUSKO; FITZGERALD, 2013).

Estudos demonstram que indivíduos com OAJ possuem alterações do padrão de ativação muscular, maior co-contração e déficit de força muscular de todo o membro inferior (HUBLEY-KOZEY *et al.*, 2006; MILLS *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2016). O comprometimento da função muscular nessa população tem sido evidenciado principalmente no QF, abdutores (ABD) de quadril e inversores de tornozelo (HINMAN *et al.*, 2010, PARK *et al.*, 2016).

Apesar de o impacto da força muscular sobre a mecânica da marcha de indivíduos com OAJ permanecer incerto (BAERT *et al.*, 2013), acredita-se que os músculos que atuam no joelho aumentam a estabilidade e reduzem a carga articular (BENNELL *et al.*, 2013). Em paralelo, os músculos do quadril estabilizam a pelve e limitam o vetor de força medial no joelho (MÜNDERMANN *et al.*, 2005; LIU *et al.*, 2014). Além disso, a ativação coordenada dos músculos agonistas e antagonistas também contribuem com a distribuição da carga articular, desempenhando portanto, um papel importante na marcha e na progressão da OAJ. Deste modo, a redução da força e as alterações na ativação muscular parecem aumentar substancialmente as forças compressivas e os desconfortos articulares, produzindo uma mecânica de marcha atípica (HUBLEY-KOZEY *et al.*, 2006; HEIDEN *et al.*, 2009).

Estudos tem demonstrado que a força muscular é um importante determinante do desempenho funcional e da intensidade de dor em indivíduos com OAJ (VAN DER ESCH, HOLLA, *et al.*, 2014; ACCETTURA *et al.*, 2015). Ao acompanhar essa população ao longo do tempo, Amin *et al.*, (2009) observaram que indivíduos com OAJ que apresentavam maior força muscular, revelavam menor percepção de dor e melhor função física (AMIN *et al.*, 2009).

Diversos fatores podem favorecer o déficit de força na OAJ. A atrofia muscular por exemplo, comumente observada com o avanço da idade, pode contribuir consideravelmente para a redução da força muscular (BENNELL *et al.*, 2013). Estudos revelam que a área de seção transversa do QF é reduzida em pessoas com OAJ (IKEDA *et al.*, 2005), e essa redução se torna mais evidente a medida em que ocorre o avanço da doença (FINK *et al.*, 2007). Paralelamente, a inibição muscular, oriunda do processo inflamatório, também é vista como um fator que contribui com o déficit de força (PETTERSON *et al.*, 2008), e suas causas são multifatoriais. A dor, por exemplo, é amplamente reconhecida por inibir a ativação dos músculos periarticulares. Sua redução, através de mecanismos periféricos ou centrais, contribui com a otimização da contração voluntária máxima do QF de pessoas com OAJ (HASSAN *et al.*, 2002). Além disso, o derrame articular, frequentemente associado à dor e à OAJ (LO, MCALINDON, *et al.*, 2009), também compromete a ativação muscular durante a execução de tarefas funcionais, como a marcha (RUTHERFORD *et al.*, 2012). Logo, a presença de processo inflamatório, característico da OAJ, pode afetar a força muscular (BENNELL, Kim, WRIGLEY, *et al.*, 2013), que por sua vez, prejudica o desempenho funcional e a intensidade de dor nessa população (ACCETTURA *et al.*, 2015).

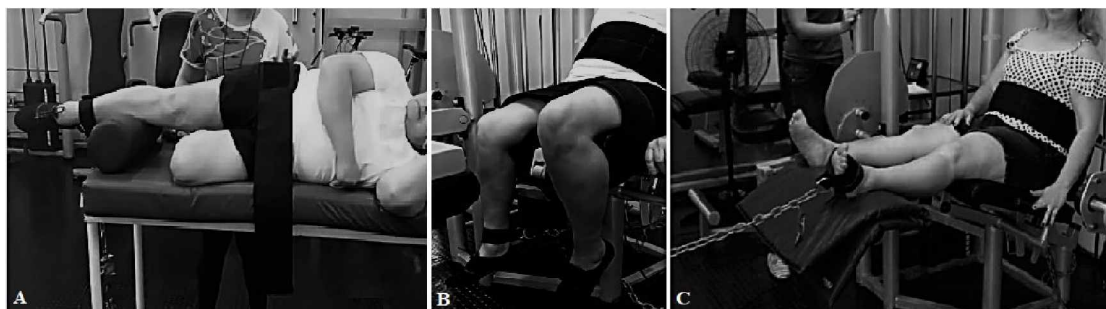
À vista do que foi apresentado, parece haver uma relação complexa entre a força muscular dos membros inferiores, dor, desempenho funcional e cinemática da marcha (PARK *et al.*, 2016). Todavia, indivíduos com OAJ, em geral, relatam melhoras significativas da dor e função com as intervenções que estimulam o ganho de força (BENNELL *et al.*, 2010). Logo, avaliar a força muscular e utilizar intervenções terapêuticas que à estimulem é importante para atenuar o quadro de dor e restaurar a função física de indivíduos com OAJ.

A avaliação da força muscular em indivíduos com OAJ pode ser realizada por meio do dinamômetro portátil, dinamômetro isocinético, teste de uma repetição máxima (1 RM) e célula de carga (MIJNARENDS *et al.*, 2013). A mensuração da força realizada por meio do dinamômetro isocinético, é capaz de medir o pico de força, resistência e potência muscular. Porém é um recurso substancialmente oneroso (STARK *et al.*, 2011). O teste de 1RM, por sua vez, avalia a força voluntária máxima em equipamentos, como por exemplo o *leg press*, através da contração muscular isotônica. Esse teste possui fácil aplicabilidade e apresenta boa confiabilidade teste-reteste (LEBRASSEUR *et al.*, 2008). O dinamômetro portátil é utilizado para mensurar a força muscular isométrica. Trata-se de um equipamento fácil de ser utilizado, com tamanho compacto e portabilidade viável, baixo custo e, boa validade e confiabilidade (STARK *et al.*, 2011). Finalmente, a célula de carga também é utilizada para mensurar a força

muscular isométrica. Ela possui fácil aplicabilidade, boa confiabilidade e avaliação teste-reteste (FRANSEN *et al.*, 2003).

No presente estudo, para avaliar a força muscular isométrica utilizamos a célula de carga (CKS, Kratos, São Paulo, Brasil) calibrada e ajustada em altura e direção. Avaliamos a força dos músculos ABD de quadril (glúteo máximo, glúteo médio, glúteo mínimo e tensor da fáscia lata), QF e tibial anterior (TA), que têm sido evidenciados com déficit de força em indivíduos com OAJ (HINMAN *et al.*, 2010; PARK *et al.*, 2016), como previamente citado. Todos os músculos foram testados bilateralmente, com os voluntários adequadamente posicionados e fixados por cintos, para evitar possíveis compensações (Figura 2).

Figura 2 - Avaliação da força muscular isométrica dos abdutores do quadril (A), quadríceps femoral (B) e tibial anterior (C).



2.5 Ajustes Posturais Antecipatórios

O controle postural é definido como o manejo do posicionamento do corpo no espaço, com propósito de equilíbrio e orientação. O desempenho de tarefas funcionais, que envolvem posturas estáticas ou dinâmicas, depende especialmente do controle postural, alcançado quando o centro de massa (CoM) é projetado dentro ou próximo a base de suporte (BOUISSET, DO, 2008). O CoM corresponde ao ponto de aplicação do vetor força da gravidade, no qual se concentra toda a massa corporal (YIOU *et al.*, 2017). A execução de tarefas motoras, podem gerar perturbações, internas ou externas, e deslocar o CoM para além da base de suporte, acarretando alterações no equilíbrio (SANTOS *et al.*, 2010).

Para atenuar as alterações no equilíbrio e garantir um movimento seguro e eficiente, o sistema nervoso central (SNC) utiliza ajustes posturais antecipatórios (APAs) (MORAES *et al.*, 2022; FARINELLI *et al.*, 2021). Os APAs são alterações posturais que ocorrem previamente a tarefa motora (MORAES *et al.*, 2022), e geram condições adequadas para sua

execução. Eles são caracterizados pela ativação estereotipada de músculos motores primários, que viabilizam o deslocamento do CoP e reposicionamento do CoM (HONEINE *et al.*, 2016). Os APAs são produzidos no eixo ântero-posterior e médio-lateral e, são preditivos de desempenho motor, em termos de comprimento do passo e velocidade de progressão (YIOU *et al.*, 2017), e estabilidade postural (YIOU *et al.*, 2016), respectivamente.

Os APAs foram explorados por estudos pioneiros que utilizaram o modelo do pêndulo invertido para investigar como o SNC controla o equilíbrio postural em tarefas dinâmicas. Esse modelo presumia que mudanças no CoP seriam responsáveis por gerar propulsões do CoM através de mecanismos motores, de forma a garantir o equilíbrio dinâmico. Essas investigações foram baseadas em dados cinéticos e cinemáticos obtidos através da posturografia, eletromiografia e imagem capturadas por vídeos (HERMAN *et al.*, 1973; JIAN *et al.*, 1993; MACKINNON, WINTER, 1993; WINTER, 1995; LYON, DAY, 1997).

A posturografia tem sido amplamente utilizada para análise do controle postural ortostático (WINTER *et al.*, 1990; CHIARI *et al.*, 2002), especialmente em indivíduos com idade avançada (PETRELLA *et al.*, 2012; HARRO; GARASCIA, 2019), com disfunções neurológicas (INOJOSA *et al.*, 2020; LAZAROTTO *et al.*, 2020) e musculoesqueléticas, como a osteoartrite (HASSAN *et al.*, 2001; MASUI *et al.*, 2006), e obesos (CAPODAGLIO *et al.*, 2012). Sua mensuração é realizada através de plataformas de força, que quantificam as medidas lineares do CoP, ou seja, a aplicação da força de reação do solo, em sua superfície (TALLON *et al.*, 2013). A plataforma de força é constituída por uma placa posicionada sobre sensores de força, do tipo célula de carga ou piezoelétrico, que medem os componentes do CoP na direção ântero-posterior (AP), médio-lateral (ML) e vertical (Z). Esses equipamentos são referidos como plataformas de três componentes. De acordo com o posicionamento dos sensores, as plataformas podem ser classificadas em: plataforma de único sensor, posicionado em seu centro; plataforma triangular e retangular, com sensores posicionados em suas extremidades.

Para análise da posturografia, em geral, são utilizadas plataformas compostas por três ou quatro sensores. A partir dos sinais capturados pela plataforma, é possível calcular a oscilação postural em diferentes direções, e os dados podem ser visualizados pelo estatocinesigrama ou estabilograma (WINTER *et al.*, 1990). No presente estudo, para avaliar os APAs no início da marcha, nós utilizamos a plataforma de força BIOMECH 400 (EMG System do Brasil Ltda®) retangular de três componentes (Figura 3), com frequência de amostragem de 120 Hz. A plataforma foi conectada ao software BIOMECH (V 1.1) EMG System Brasil, que capturou o

deslocamento do CoP, em decorrência dos APAs, no sentido AP e ML. Para mensurar os diferentes aspectos dos APAs utilizamos as variáveis área, a duração (d) e velocidade (v) em cm^2 .

Figura 3 - Plataforma de Força retangular de três componentes.



Fonte: EMG System do Brasil.

2.6 Ajustes Posturais Antecipatórios no Início da Marcha

O início da marcha (IM) corresponde ao período de transição entre a posição estática para a dinâmica (ELBLE *et al.*, 1994, YIOU *et al.*, 2017). Trata-se de uma tarefa motora que tem sido utilizada como indicador de disfunção de equilíbrio em idosos, por impor desafios aos sistemas somatossensorial, vestibular, visual e neuromuscular, que são responsáveis pelo controle de equilíbrio (CHANG; KREBS, 1999) e, em geral, são prejudicados nessa população. Durante o IM, a transição do apoio bipodal para o apoio unipodal gera redução da base de suporte e momento de instabilidade, com consequente exposição dos indivíduos com idade avançada ao potencial risco de queda (TISSERAND *et al.*, 2016). Estudos demonstram que os episódios de quedas em idosos são frequentemente associados a atividades que envolvem transferência de peso e deslocamento do CoM (TINETTI *et al.*, 1995), como o IM (ROBINOVITCH *et al.*, 2013).

O IM envolve complexas interações entre mecanismos neuromusculares e a área motora suplementar, responsável por organizar ações motoras voluntárias complexas

(CUNNINGTON *et al.*, 2003), que repercute no planejamento e na execução de movimentos adequados (SUZUKI *et al.*, 2004; WANG *et al.*, 2009). Esse processo requer APAs que são acompanhados por eventos dinâmicos e eletromiográficos, e variam de acordo com o eixos em que são produzidos. Os ajustes ao longo do eixo ântero-posterior envolvem o deslocamento posterior do CoP, responsável por gerar forças propulsivas (LEPERS; BRENIÈRE, 1995). Esse mecanismo ocorre mediante estratégias a nível do tornozelo, em que há inibição do tríceps sural (TS) e ativação do TA, bilateralmente (PETRUCCI *et al.*, 2018). Por outro lado, os ajustes ao longo do eixo médio-lateral envolvem estratégias a nível do quadril e joelho, onde o deslocamento lateral do CoP ocorre mediante ação dos músculos ABD do quadril, tibial anterior e reto femoral, responsáveis por controlar os episódios de instabilidade postural (WINTER *et al.*, 2003; HONEINE *et al.*, 2016). Portanto, o IM é precedido de uma sequência de APAs que ocorrem de forma coordenada e produzem o deslocamento pósterio-lateral do CoP em direção ao membro em oscilação, e consequente propulsão do CoM em direção ao membro em apoio (CRENNA; FRIGO, 1991; POLCYN; LIPSITZ; KERRIGAN, 1998). Em seguida, o CoP é deslocado médio-lateralmente, em direção ao membro de apoio, de forma a descarregar o membro em oscilação e estabelecer condições favoráveis a locomoção (WINTER *et al.*, 2003).

O desempenho de uma tarefa motora depende, especialmente, da capacidade de se gerar APAs eficientes (BOUISSET; DO, 2008). Em geral, o avanço da idade, a presença de disfunções neurológicas e ortopédicas, como a osteoartrite, e o excesso de peso podem alterar os mecanismos envolvidos com o controle postural, e prejudicar a capacidade de se gerar APAs adequados no IM (WINTER, 1995; REMELIUS *et al.*, 2008, TATEUCHI *et al.*, 2011; UEMURA *et al.*, 2011; CAU *et al.*, 2014, YIOU *et al.*, 2017; STEWART *et al.*, 2018). A habilidade de gerar APAs, por sua vez, é essencial para o controle postural e a redução do risco de quedas durante o IM (SUN *et al.*, 2017).

É sabido que a obesidade afeta o controle postural de indivíduos com idade avançada (DUTIL *et al.*, 2013). Postula-se que o excesso de peso reduz a sensibilidade plantar, devido a hiperativação dos mecanorreceptores plantar, altera a geometria do corpo e gera maior torque gravitacional (CORBEIL *et al.*, 2001; HUE *et al.*, 2007). Cau *et al.*, (2014), ao avaliarem as estratégias posturais adotadas durante o IM, constataram que indivíduos obesos apresentam maior oscilação médio-lateral, maior duração e menor velocidade dos APAs, quando comparado ao grupo controle.

2.7 Ajustes Posturais Antecipatórios e a Osteoartrite de Joelho

A obesidade é reconhecida como fator de risco para a incidência e progressão da osteoartrite (KERIN, COLEMAN, *et al.*, 2003, BLIDDAL, LEEDS, *et al.*, 2014), em virtude do excesso de carga mecânica exercida sobre a articulação, potencialização do processo inflamatório, maior produção de citocinas, alterações metabólicas e redução da mobilidade e força muscular (KNOOP, VAN DER LEEDEN, *et al.*, 2011, WLUKA, LOMBARD, *et al.*, 2013, BLIDDAL, LEEDS, *et al.*, 2014). Por outro lado, o grau de severidade da osteoartrite é visto como um fator capaz de alterar os parâmetros espaço-temporais da marcha (KISS, 2011), como velocidade, ângulo de flexão e momento de extensão do joelho (HURWITZ, RYALS, *et al.*, 2002, MÜNDERMANN, DYRBY, *et al.*, 2005), no intuito de reduzir a dor e a distribuição da carga articular (HURWITZ, RYALS, *et al.*, 2002, ZENI, HIGGINSON, 2009). O mesmo poderia ocorrer com os APAs adotados no início da marcha, fato este ainda não explorado em indivíduos com OAJ com diferentes graus de severidade.

Em tarefas motoras que envolvem locomoção, como o IM, a alteração da base de suporte produz sucessivas perdas e recuperações do equilíbrio (BRENIÈRE *et al.*, 1987). Isso torna o IM uma ação que exige ajustes antecipados, para controlar os torques desestabilizadores (BAUBY; KUO, 2000). Essa dinâmica postural envolve músculos que atuam em sinergia na articulação do quadril, joelho e tornozelo (YIOU *et al.*, 2017). No entanto, a presença de disfunções ortopédicas, como a OAJ, pode comprometer a função de tais músculos (COSTA *et al.*, 2010; ALNAHDI *et al.*, 2012) e, conseqüentemente, poderia prejudicar os APAs no IM (PETRUCCI *et al.*, 2018).

O contato do pé com o solo, ao longo da marcha, produz uma força de reação do solo que pode causar desconforto ou dor nas articulações (DAOUD *et al.*, 2012), especialmente aquelas em processo degenerativo. No IM, a fase de apoio unipodal é caracterizada por uma moderada flexão do joelho, que contribui para que a força de reação do solo seja redistribuída e a carga imposta sobre a articulação atenuada (GARD; CHILDRESS, 1999; RISKOWSKI *et al.*, 2005; SHAMAEI *et al.*, 2013). A amplitude de flexão do joelho, do membro em apoio, tem sido correlacionada com o deslocamento do CoP no eixo ML (HONEINE *et al.*, 2016). Isso sugere que para otimizar a estabilidade postural, o SNC recorre a flexão do joelho como ação complementar ao momento abdutor do quadril, responsável pelos APAs neste eixo (YIOU *et al.*, 2017). Porém, indivíduos com OAJ tocam o solo com o joelho levemente estendido. Esse padrão é tido como uma estratégia adotada por esta população, na qual há

uma rápida transferência de peso do membro acometido para o membro contralateral, no intuito de se evitar o desconforto articular (MÜNDERMANN *et al.*, 2005), caracterizando uma marcha claudicante (RASCH *et al.*, 2010). Esse padrão pode, portanto, modificar os APAs no eixo ML e dificultar a estabilidade postural durante o IM de indivíduos com OAJ.

Além disso, o mecanismo de flexão do joelho no IM é favorecido pela relação eletromiográfica linear entre a ativação do TA e inibição do TS, do membro em apoio (HONEINE *et al.*, 2016). Contudo, estudos demonstram que indivíduos com OAJ apresentam atrasos no tempo de ativação do TA no IM (KATOH, 2019), que pode consequentemente, afetar os APAs e a qualidade do movimento (PETRUCCI *et al.*, 2018).

O posicionamento do CoM sofre influência da força da gravidade e da força elástica oriunda dos músculos envolvidos com o controle postural, ao nível das articulações do tornozelo, joelho e quadril (MORASSO; SCHIEPPATI, 1999). A co-ativação de tais músculos pode aumentar a rigidez do membro em apoio, que por sua vez, pode afetar o deslocamento do CoM no eixo ML e levar a uma maior instabilidade durante o IM (YIOU *et al.*, 2016; DELAFONTAINE *et al.*, 2019). A presença de rigidez dos membros inferiores é comum em indivíduos com OAJ (HSU; SIWIEC, 2022) e está associada com prejuízos do equilíbrio postural (FOLEY *et al.*, 2006; SØRENSEN *et al.*, 2014). Adicionalmente, essa população apresenta déficit de força dos músculos ABD do quadril (HINMAN *et al.*, 2010), TA (PARK *et al.*, 2016) e QF (HASSAN *et al.*, 2001), que por sua vez, são grupos musculares que afetam a oscilação postural, são importantes preditores da cinemática da marcha no plano frontal e atuam sinergicamente nos APAs (HASSAN *et al.*, 2001; HONEINE *et al.*, 2016; PARK *et al.*, 2016; PETRUCCI *et al.*, 2018).

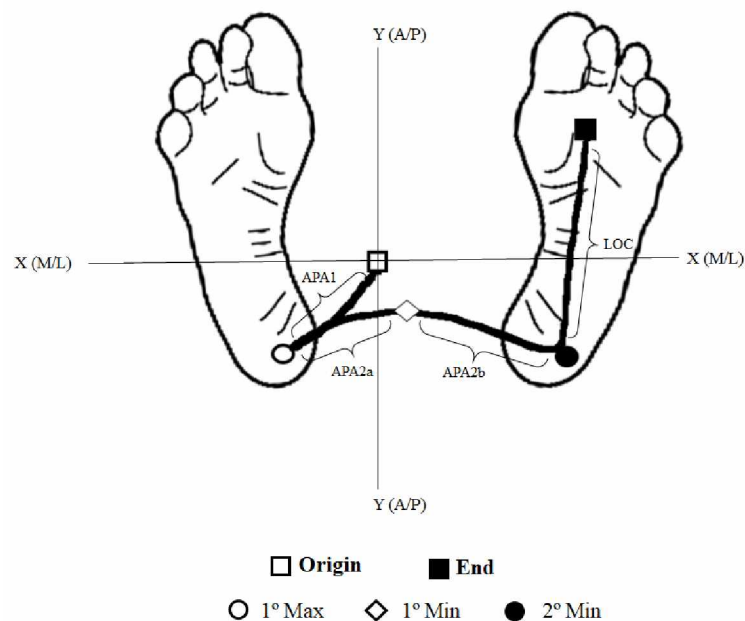
Portanto, todos estes fatores supracitados poderiam comprometer, em conjunto ou isoladamente, os APAs adotados por indivíduos com OAJ no IM, afetando a qualidade do movimento e, de modo consequente, aumentando o risco de queda nessa população. O maior o risco de quedas, por sua vez, pode culminar em lesões de tecidos moles, luxações e fraturas ósseas, contribuindo para perda da independência funcional e até risco de morte (IKUTOMO *et al.*, 2018).

No presente estudo, para analisar os APAs produzidos no IM nós dividimos a trajetória do CoP nas seguintes fases (Figura 4):

- i) APA1: representa o deslocamento posterior e lateral do CoP na direção do membro em oscilação, que segue desde o ponto de origem da trajetória, até a posição posterior máxima de deslocamento (1º Max).

- ii) APA2: representa o deslocamento medial e lateral do CoP em direção a perna em apoio. Essa fase foi subdividida em: APA2a, representada pelo deslocamento entre a 1° Max e a posição anterior mínima de deslocamento em direção ao membro de apoio (1° Min); e APA2b, representada pelo deslocamento entre a 1° Min e a posição posterior mínima em direção ao membro de apoio (2° min).
- iii) LOC: representa a fase locomotora, onde há o deslocamento do CoP a partir da 2° min.

Figura 4 - Trajetória do Centro de Pressão no início da marcha. O deslocamento do Centro de Pressão (CoP) durante o início da marcha (IM) foi dividido em fases. Essa figura demonstra a perna esquerda oscilando à frente, e a perna direita em apoio. Os retângulos representam a origem e o final do IM. O APA1 é o deslocamento do CoP do ponto de origem até o primeiro máximo (círculo branco), definido como a posição posterior máxima em direção ao membro oscilante. A APA2a é o deslocamento do CoP do primeiro máximo ao primeiro mínimo (losango), definido como a posição anterior mínima durante o deslocamento do membro em balanço para o membro em apoio. O APA2b é o deslocamento do CoP do primeiro ao segundo mínimo (círculo preto), definido como a posição posterior mínima durante o deslocamento do CoP em direção ao membro em apoio. Por fim, a fase locomotora (LOC) é o deslocamento do CoP do segundo mínimo até o final do IM no membro em apoio.



Fonte: Autoria própria.

2.8 Intervenções na Osteoartrite de Joelho

Embora não exista cura para OAJ, as medidas de intervenção estão voltadas para o manejo da dor e a preservação da função física. Os tratamentos disponíveis podem ser divididos em conservador e cirúrgico. O tratamento conservador é amplamente recomendado nas diretrizes clínicas (RICE *et al.*, 2019; GEENEN *et al.*, 2018; MCALINDON *et al.*, 2014) e deve ser priorizado na abordagem inicial da OAJ, considerando o procedimento cirúrgico somente aos pacientes que não respondem adequadamente a abordagem conservadora (RICE *et al.*, 2019; HSU; SIWIEC, 2022).

Diversas modalidades de tratamento conservador podem ser empregadas na OAJ sintomática. O tratamento conservador farmacológico inclui o uso de anti-inflamatórios não-esteroidais, viscosuplementação com ácido hialurônico, injeções de corticosteroides, glucosamina e plasma rico em plaquetas (LESPASIO *et al.*, 2017). Por outro lado, o tratamento conservador não farmacológico de primeira linha recomendado para OAJ sintomática inclui educação, controle do peso e exercícios (MCCONNELL, *et al.*, 2015; RICE *et al.*, 2019; HUNTER; BIERMA-ZEINSTRA, 2019; FRANSEN; HSU; SIWIEC, 2022).

Por se tratar de uma disfunção crônica, indivíduos com OAJ, em geral, demonstram comportamento passivo no enfrentamento da dor. Esse comportamento tem sido consistentemente associado a resultados negativos na evolução clínica da OAJ (STEULTJENS *et al.*, 2001; EVERS *et al.*, 2003; WESSELING *et al.*, 2015). Diante disso, o uso de intervenções que estimulam a educação e o autogereciamento da dor têm sido recomendado por moderadas evidências (NELSON *et al.*, 2014; RICE *et al.*, 2019; HUNTER; BIERMA-ZEINSTRA, 2019). Essa abordagem engloba um conjunto de ações educativas destinadas a fornecer informações sobre a OAJ, condição de saúde, benefícios do exercício físico e neurociência da dor. Além disso, estimula os indivíduos a adotar um comportamento ativo diante da dor, de forma a melhorar os comportamentos e o estado de saúde dos mesmos (LORIG; HOLMAN, 2003; MANN *et al.*, 2013). Embora a evidência acerca da eficácia dessa abordagem na OAJ seja inconsistente, estudos recomendam que ela seja utilizada em conjunto com os exercícios, para potencializar o seu efeito (SMITH *et al.*, 2009; KROON *et al.*, 2014).

Os exercícios regulares são amplamente recomendados no tratamento da OAJ (LARMER *et al.*, 2014; RICE *et al.*, 2019; FRANSEN, 2015). Os exercícios possuem

diversos benefícios potenciais, incluindo controle da dor, otimização da função física, ganho de força e mobilidade articular, além de reduzir o risco de comorbidades, melhorar o humor e a qualidade de vida (Edward *et al.*, 2005; SUSKO; KELLEY FITZGERALD, 2013; RICE *et al.*, 2019; RODDY). Os mecanismos pelo quais os exercícios reduzem a dor envolvem a modulação da excitabilidade e inibição do sistema nervoso central, controle do processo inflamatório (SLUKA *et al.*, 2018), ativação do sistema opióide, serotoninérgico e imunológico (RICE *et al.*, 2019), além dos efeitos psicossociais (HURLEY *et al.*, 2003).

Intervenções pautadas em exercícios terrestres são fortemente recomendadas como tratamento para OAJ, independentemente da idade, sexo, IMC e severidade da doença (JUHL *et al.*, 2014; MCALINDON *et al.*, 2014; BROSSEAU *et al.*, 2017a, b). Estes exercícios promovem benefícios imediatos, que podem se manter por até seis meses após o tratamento (FRANSEN *et al.*, 2015), apresentam poucos efeitos adversos e parecem não acelerar o processo degenerativo (QUICKE *et al.*, 2015; BRICCA *et al.*, 2019; VAN GINCKEL *et al.*, 2019). Até o presente momento, não há evidências que demonstrem efeito superior para uma modalidade específica de exercício. Apesar dos benefícios variar de acordo com a modalidade utilizada (GOH *et al.*, 2019), diversos estudos demonstram que os exercícios aeróbicos e resistidos tem efeitos semelhantes no controle da dor, otimização da função física e ganho de força (ETTINGER, *et al.*, 1997; RODDY *et al.*, 2005; VINCENT; VASILOPOULOS; MONTERO, 2019; GOH *et al.*, 2019, CHU *et al.*, 2021).

Os exercícios resistidos são a modalidade mais estudada em indivíduos com OAJ (RICE *et al.*, 2019). Tais exercícios promovem o aumento do conteúdo de proteínas contrateis no músculo, aumento do tamanho da fibra muscular, e consequente ganho de força dos membros inferiores, principalmente do quadríceps femoral (RODDY *et al.*, 2005; ZACHARIAS *et al.*, 2014). Além disso, controlam a intensidade de dor, contribuem para maior estabilidade e menor o estresse articular (HERNANDEZ, MCINTOSH, *et al.*, 2015). As intervenções com exercícios resistidos podem ser realizadas em domicílio ou em clínicas. Uma vez que, a fase inicial do treinamento resistido é caracterizada por adaptações neurais, recomenda-se que os exercícios sejam realizados no período de oito a 16 semanas, utilizando de duas a seis séries por exercício, com cargas equivalentes a 45-50% de 1 RM para indivíduos destreinados, e 60% a 70% de 1 RM para indivíduos treinados. Além disso, as cargas devem ser aumentadas progressivas e deve ser considerado um período de descanso entre as séries, de um a dois minutos, para maximizar os benefícios clínicos dos exercícios (ANDERSON; KEARNEY, 2013; BROSSEAU *et al.*, 2017a). Estes benefícios ocorrem independentemente do

equipamento utilizado (pesos ou faixas), do tipo de exercício e da contração muscular realizada (isométrica, excêntrica concêntrica) (RICE *et al.*, 2019).

Os exercícios aeróbicos também são fortemente recomendados nas diretrizes de tratamento da OAJ (RODDY *et al.*, 2005; BROSSEAU *et al.*, 2017a). Essa modalidade estimula as enzimas oxidativas e a capilarização dos músculos. Como resultado, ocorre o aumento do consumo de oxigênio durante os exercício, aumentando a resistência aeróbica dos músculos (CHODZKO-ZAJKO *et al.*, 1998). A aptidão física de pessoas com OAJ, em geral, é ruim. A execução de exercícios aeróbicos nessa população, reforça a capacidade de reserva fisiológica aeróbia, tornando as AVD's mais fáceis de serem executadas (FRANSEN *et al.*, 2015). Adicionalmente, os exercícios aeróbicos contribuem efetivamente para o alívio da dor, controle do peso, melhora os distúrbios do sono e os transtornos de humor (JUHL *et al.*, 2014; BROSSEAU *et al.*, 2017a). No entanto, a maioria dos ensaios clínicos conduzidos em indivíduos com OAJ incluiu modalidades de intervenções combinadas aos exercícios aeróbicos. Logo, seus benefícios podem ter sido afetados. Particularmente, Ettinger *et al.*, (1997) avaliaram o efeito de um programa estruturado de exercícios aeróbicos, resistidos e um programa de educação, sobre a função física de indivíduos com OAJ. Os exercícios aeróbicos consistiam em caminhada supervisionada durante três meses, seguido de caminhadas domiciliares, onde o contato com os voluntários eram se davam por meio de telefone ou visitas domiciliares. Os exercícios resistidos, por outro lado, foram direcionados aos principais grupos musculares da extremidade superior e inferior, e foram realizados com uma carga mínima, padronizada a todos os participantes, progredida a cada três dias execução do protocolo. Os autores observaram que os idosos com OAJ que participaram do programa de exercícios aeróbicos e resistidos demonstraram melhorias modestas na incapacidade, desempenho físico e dor. Porém, esses achados podem ter sido afetados pelo protocolo utilizado, no qual, inicialmente os exercícios foram executados com carga mínima, e durante as caminhadas, especificamente, não houve progressão de carga. O efeito de hipoalgesia induzida pelo exercício é obtida através de doses intensas de exercícios, que demandam aproximadamente, 70% da reserva de frequência cardíaca (KOLTYN, 2012). Além disso, os exercícios aeróbicos que envolvem menor descarga de peso produzem efeitos superiores ao longo do tempo para dor e incapacidade (PEREZ-HUERTA *et al.*, 2020).

De acordo com American College of Sports Medicine, os exercícios aeróbicos devem ser executados pelo período mínimo de 150 minutos semanais, quando realizado em

intensidade moderada, e pelo período mínimo de 75 minutos semanais, quando realizado em intensidade vigorosa. Além disso, a hipoalgesia induzida por essa modalidade é obtida através de doses intensas. Portanto, recomenda-se que os exercícios sejam executados com aproximadamente 70% da reserva de frequência cardíaca máxima (BROSSEAU *et al.*, 2017a).

Apesar do efeito desses exercícios como modalidade de tratamento apresentar boas evidências (FRANSEN *et al.*, 2015), não foram encontrados registros acerca de seus benefícios sobre os APAs adotados por indivíduos com OAJ no início da marcha. Isso pode fornecer aos clínicos medidas objetivas para avaliar os efeitos dos programas de reabilitação sobre os ajustes posturais em tarefas de transição, e direcionar as intervenções voltadas para o controle postural nessa população.

3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa tese foi comparar o padrão de ajustes posturais antecipatórios adotados por indivíduos com diferentes graus de severidade de OAJ no início da marcha, e comparar os efeitos de um programa de exercícios resistidos, aeróbicos e intervenção mínima sobre esses ajustes posturais, intensidade de dor, força e função física.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Investigar o padrão de APAs em indivíduos com OAJ no IM, quando comparado ao grupo controle saudável.
- 2- Investigar se os APAs adotados por indivíduos com OAJ no IM são alterados de acordo com o grau de severidade da doença.
- 3- Comparar os efeitos de um programa de 8 semanas de exercícios resistidos, aeróbicos e intervenção mínima nos APAs adotados por indivíduos com OAJ no IM.
- 4- Comparar os efeitos de um programa de 8 semanas de exercícios resistidos, aeróbicos e intervenção mínima sobre os desfechos força, intensidade de dor e função física de indivíduos com OAJ.

5 HIPÓTESES

Na presente tese hipotetizamos que:

- 1- Os indivíduos com OAJ apresentariam alterações dos padrões de APAs no início da marcha, quando comparado ao grupo controle saudável.
- 2- Os APAs adotados por idosos com OAJ no IM seriam alterados proporcionalmente ao grau de severidade da doença.
- 3- Os exercícios resistidos e aeróbicos modificariam o padrão de APAs adotados por indivíduos com OAJ no IM, quando comparado a intervenção mínima.
- 4- Os exercícios resistidos demonstrariam efeitos superiores nos APAs adotados por indivíduos com OAJ no IM, quando comparado aos exercícios aeróbicos e intervenção mínima.

6 ARTIGO 1

Este artigo foi submetido e publicado pelo journal Clinical Biomechanics, cujo fator de impacto é 2.063 e qualis capes versão atualizada, mas não oficial é A2.

SOARES, F.S; MOREIRA, V. M. P. S.; ALVES, L. V.; DIONISIO, V. C. What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clin Biomech*, Bristol, n. 74, p. 51-57, 18 fev. 2020. DOI:10.1016/J.CLINBIOMECH.2020.02.007.

WHAT IS THE INFLUENCE OF SEVERITY LEVELS OF KNEE OSTEOARTHRITIS ON GAIT INITIATION?

Fabiana da Silva Soares, PT, MSc a, b* (fabisilsoares@gmail.com)

Vanessa Martins Pereira Silva Moreira PT, MSc a, b (vanessamartinsfisio@gmail.com)

Luiza Vinhal Alves a (luizavinhal53@gmail.com)

Valdeci Carlos Dionísio, PT, Ph.D. a, b (vcdionisio@gmail.com)

a Physical Therapy Course, Federal University of Uberlandia, Uberlândia, Brazil

b Doctor Program in Health Sciences, Faculty of Medicine, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Brazil

Correspondence Address:

Fabiana da Silva Soares*

Physical Therapy Course, Federal University of Uberlandia, Campus Educação Física - Rua Benjamim Constant, 1286, Uberlândia - MG - CEP 38400-678

E-mail: fabisilsoares@gmail.com

Conflicts of Interest

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Word count

Abstract: 242 words

Main text: 3158 words

ABSTRACT

BACKGROUND: The anticipatory postural adjustments required for gait initiation has not yet been investigated in older adults with knee osteoarthritis aiming to the impact of the level of severity of the disease. This study aimed to evaluate the anticipatory postural adjustments adopted by older adults with different severity levels of knee osteoarthritis during gait initiation.

METHODS: Sixty-seven older adults with knee osteoarthritis (mild, moderate, and severe levels) and 11 healthy older adults control were evaluated bilaterally with a force plate to analyze gait initiation. The center of pressure trajectory during gait initiation was divided into four phases: three anticipatory postural adjustments, and a locomotor phase. The length, duration, and velocity of each phase were calculated.

FINDINGS: The results showed that during the right and left limbs swings forward, the severe and moderate knee osteoarthritis groups presented a significant reduction in the length of anticipatory postural adjustment phases, locomotion, duration, and velocity ($P < 0.05$). The severe knee osteoarthritis group presented a significantly higher body mass index ($P < 0.003$) than the other groups. However, just the healthy group presented correlation between body mass index and anticipatory postural adjustments.

INTERPRETATION: Our results demonstrated that older adults with severe and moderate levels of knee osteoarthritis adopt longer lasting and slower anticipatory postural adjustment

phases, locomotion, and lower center of pressure displacement during gait initiation, suggesting that this population has articular protective strategy in performing gait initiation, which is significantly aggravated by the knee osteo-arthritis severity level.

Keywords: Anticipatory postural adjustments, gait initiation, knee osteoarthritis, severity.

1. INTRODUCTION

Knee osteoarthritis (KOA) is a degenerative joint disease of high incidence in older adults (Lawrence et al., 2008), which progressively affects the articular cartilage, subchondral bone, and adjacent soft tissues (Lawrence et al., 1966). It leads to a reduced range of motion, joint instability (Bensalma et al., 2019), pain, and muscle weakness, which, in addition to weight gain, can affect balance control (Dutil et al., 2013; Hassan et al., 2001). The signs and symptoms of KOA are accentuated according to the level of severity (Kim et al., 2011) and may affect the gait of affected individuals (Bensalma et al., 2019). Studies have shown that older adults with KOA, to achieve reduced joint load, change the kinetic and kinematic parameters during walking, such as velocity, flexion angle, and knee extension moment (Hurwitz et al., 2002; Manetta et al., 2002; Mündermann et al., 2005). These modifications, in turn, may be related to the postural patterns adopted at the beginning of gait, since in healthy individuals the dynamic events that precede the start of gait are responsible for creating suitable conditions for their development (Brenière et al., 1987). However, these postural patterns have not yet explored in older adults with KOA.

Gait initiation (GI), marked by the transition from a static to dynamic state, poses challenges to the systems responsible for postural control (Winter, 1995) and has been reported as an instrument used to assess balance in older adults (Chang and Krebs, 1999). Tinetti et al. (1995) showed that older adults often suffer falls while traveling short distances, suggesting that this population has difficulty in maintaining stability during this transition phase (Tinetti et al., 1995). GI involves interactions between neuromuscular mechanisms and the supplemental motor area (Suzuki et al., 2004; Wang et al., 2009). This area is responsible for organizing complex voluntary motor actions (CUNNINGTON, WINDISCHBERGER, *et al.*, 2003), resulting in the planning and execution of appropriate movements (Suzuki et al., 2004; Wang et al., 2009). This process requires anticipatory postural adjustments (APAs),

characterized by the posterior and lateral displacement of the center of pressure (CoP) toward the swinging limb, and the transfer of the center of mass (CoM) toward the supporting limb to prevent episodes of postural disorders (Winter, 1995; MacKinnon et al., 2007). In general, older adults with neurological or musculoskeletal disorders, such as osteoarthritis, may present alterations in the systems involved with balance control, causing difficulties in walking (Cau et al., 2014; Winter, 1995; Stewart et al., 2018; Uemura et al., 2011; Wentink et al., 2014). Limitations in gait and postural balance, in turn, are important predisposing factors for an increased risk of falling in older adults (Ikutomo et al., 2018).

APAs during GI have been investigated in individuals with Parkinson disease (Stewart et al., 2018), Multiple Sclerosis (Remelius et al., 2008), lower limb amputees (Wentink et al., 2014), older adults, and obese populations (Cau et al., 2014; Uemura et al., 2011). However, to date, there are no investigations on postural adjustments in older adults with different severity levels of KOA. The KOA is a chronic and progressive condition, and the severity level could strongly affect GI (Lawrence et al., 1966). Therefore, the present study aimed to evaluate the APAs adopted by older adults with KOA at different severity levels during GI. We hypothesized that older adults with KOA would have difficulty making postural adjustments, and this could be aggravated according to the level of severity. The results of this study could contribute to establishing more effective rehabilitation strategies for this population.

2. METHODS

2.1 Participants

Seventy-eight subjects (women = 54; men = 24) participated in these experiments. The volunteers were divided into four groups according to their severity level (Table 1): severe KOA (12), moderate KOA (36), mild KOA (19), and a healthy control group (HC), with no KOA (11). Eligibility criteria included all individuals who were diagnosed with KOA at the severity levels (mild, moderate, and severe) according to the American College of Rheumatology criteria (Altman et al., 1986). The volunteers could not present other musculoskeletal, neuromuscular or vestibular alterations, chronic and autoimmune inflammatory diseases (rheumatoid arthritis, lupus, gout), diabetes mellitus, vertigo, and uncorrected visual or hearing deficits. In addition, the volunteers could not use mobility aids during the assessment, be undergoing physical therapy, or present any other condition that

made it difficult to understand and perform the required tasks. The volunteers were recruited through referrals from the university hospital rheumatologists and television advertisements. For HC, volunteers were invited from the university community and were required to be over 50 years of age and free of any musculoskeletal, neuromuscular, or vestibular disorders, as well as surgical procedures performed in the previous six months. After being admitted, all volunteers signed the written informed consent form approved by the Research Ethics Committee under number 2451513/2018. After that, the Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) function scale was applied for all participants. The WOMAC consists of 3 subscales: pain, joint stiffness, and physical disability. Each subscale receives a score and the total is transformed into a scale of 0 to 100, with zero representing the best health status and 100 the worst possible status. The WOMAC have been previously validated in a Brazilian population (FERNANDES, 2002).

Table 1. Characteristics of the participants.

Characteristics	KOA			HC	ANOVA	
	Mild (n = 19) Mean(SD)	Moderate (n = 36) Mean(SD)	Severe (n = 12) Mean(SD)	(n = 11) Mean(SD)	F	P-value
Age (years)	63.52 (10.04)	60.41 (7.20)	67.5 (6.74)	56.72 (4.75)	1.199	0.318
BMI (kg/m ²)	29 (4.75)	30.48 (4.39)	33.97 (5.70)	27.04 (3.05)	4.992	0.003 *
WOMAC	46.31 (20.78)	49.47 (19.46)	61.58 (15.64)	6.90 (8.31)	19.552	0.001 *
Sex (n)	Women (14); Men (5)	Women (22); Men (14)	Women (10); Men (2)	Women (8); Men (3)	-	-
Unilateral KOA (n)	Left (6); Right (4)	Left (4); Right (6)	Left (2); Right (0)	-	-	-

Bilateral KOA (more affected limb - n)	Left (5); Right (4)	Left (12); Right (14)	Left (3); Right (7)	-	-	-
--	------------------------	--------------------------	------------------------	---	---	---

*Significant Difference: $P \leq 0.05$; KOA: knee osteoarthritis group; HC: Healthy control group; BMI: Body Mass Index; WOMAC: Western Ontario and McMaster Universities

2.2 Gait initiation evaluation

BIOMECH 400 force platform (EMG System do Brasil Ltda®) evaluated the GI, recording the CoP trajectory, with a 120 Hz sampling frequency, captured by the signal conditioner, using BIOMECH (V 1.1) EMG System Brazil software. Participants were instructed to stand on the force platform in an upright position, barefoot, with parallel limbs, on a self-selected and comfortable support base. For each participant, the foot positioning was recorded so that the test could be standardized and reproduced (Naugle KM, Hass CJ, Bowers D, 2012). Data acquisition was started one second before participants received the verbal command "go", which required them to begin walking (CADERBY, YIOU, *et al.*, 2017). Each trial lasted five seconds, and three repetitions for each limb at a self-selected velocity were performed. Volunteers started the tests with the less affected limb swinging forward, and then the most affected limb. Training in the task before the collection was not allowed, as the objective was to simulate the beginning of the act of walking, which in general is an automatic and challenging action (Cau et al., 2014).

2.3 Data analysis

We developed a routine in MatLab (Mathworks, 2015a version) where the GI was divided into phases (Figure 1): I) CoP displacement posterior and lateral to the oscillating limb, defined as the interval from the beginning of CoP displacement to the first maximal posterior displacement (APA1); II) lateral direction CoP displacement to the supporting limb (APA2a, APA2b), defined as the moment when the CoP path deviated from the midline; III) locomotor phase (LOC), defined as the final moment of the CoP trajectory (Cau et al., 2014). The variables evaluated were anticipatory postural adjustments (APA1, APA2a, APA2b), locomotor phase (LOC), and velocity (v) and duration (d) of APAs and LOC, in the anteroposterior and medio-lateral directions, respectively (x, y).

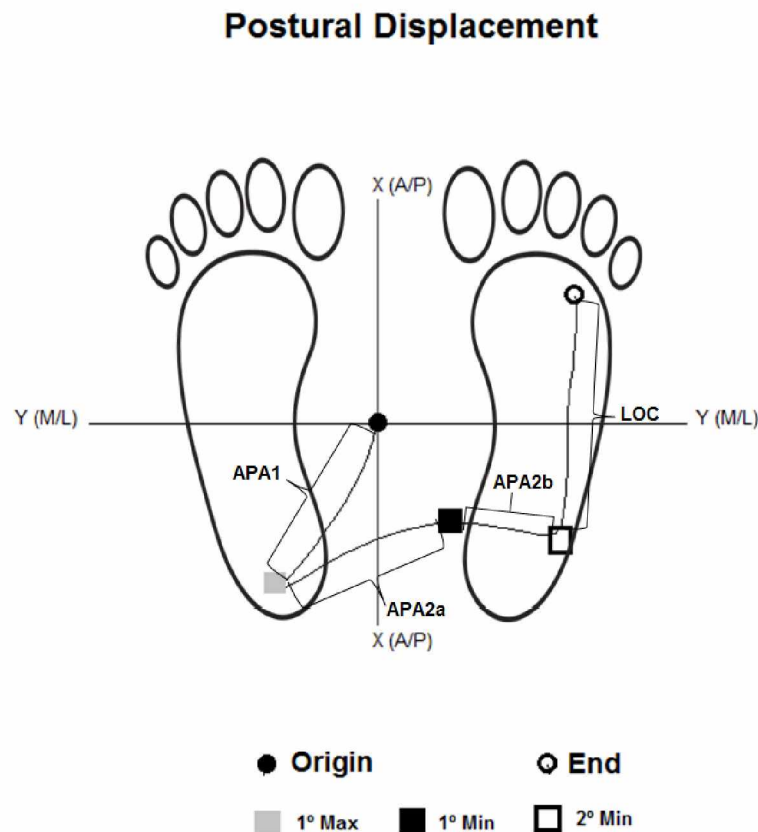


Figure 1. Divisions of the center of pressure (CoP) displacement phases during the gait initiation with the left limb swings forward. The circles represent the origin and end of the GI, and the squares represent the first maximum and first and second minimum. The first maximum (1st Max) was defined as the maximum posterior position during the COP displacement for the oscillating limb. The first minimum (1st min) was defined as the minimum anterior position during the COP displacement from swinging limb to supporting limb. The second minimum (2nd min) was defined as the minimum posterior position during the COP displacement to the supporting limb.

2.4 Statistical analysis

The Shapiro-Wilk test revealed that the data did not present normal distribution. The Kruskal-Wallis test for independent samples was used to test the hypothesis that there would be differences between healthy control and older adults with KOA at different levels of severity. Subsequently, the Kruskal-Wallis one-way ANOVA (k samples) test was applied for variables with a group effect to verify the main effect. Pairwise comparisons were performed using (Dunn, 1964) procedure with a Bonferroni correction for multiple comparisons. On the other hand, for BMI, age and WOMAC, which were normally distributed, the difference

between groups was tested using the one-way ANOVA test with Bonferroni correction for multiple comparisons. Because the BMI was different between groups, to verify possible correlations with GI variables, we also applied the Spearman's correlation test, where 0.3 to 0.5, 0.5 to 0.7, 0.7 to 0.9 and 0.91 to 1 indicated low, moderate, high and very high correlation, respectively (Mukaka, 2012). All tests were performed on the IBM SPSS software (version 22), considering the alpha level at ≤ 0.05 .

3. RESULTS

There were no significant differences between the groups for age. On the other hand, the HC presented a lower WOMAC score ($P < 0.001$) than other groups, while the KOA groups were similar ($P > 0.153$). Also, the severe KOA group presented a significantly higher BMI ($P < 0.003$) than the other groups (Table 1). The Spearman's correlation test (Table 2), showed that HC group presented moderate to high BMI correlation with APA and other variables in medio-lateral direction (y), while the KOA groups few and low to moderate with APA and other variables in medio-lateral direction (y).

The absolute values for the variables analyzed at GI for the right limb swinging forward are shown in Table 3. The results demonstrated that, in general, the severe and moderate KOA groups were significantly different compared to the mild KOA and HC groups. The severe and moderate KOA presented reduced APA1, APA2b, LOC; higher duration (dAPA2a, dAPA2b, dLOC, dtotal) and velocity (vAPA2a, vAPA2b, and vLOC). There was no group effect for variables APA2a and dAPA1.

The results for the left limb showed that, in general, the severe and moderate KOA groups were significantly different from the mild KOA and HC groups. The severe and moderate KOA presented reduced APA2a, APA2b, LOC, and velocity (vAPA1, vAPA2a, vAPA2b, and vLOC). There was no effect of groups for APA1 and duration (dAPA1, dAPA2a, dAPA2b, dLOC, and dtotal). These results are shown in Table 4 and Figure 2.

Table 2. Spearman`s rho between BMI and variables during the gait initiation.

Variables	Groups							
	Control		Mild KOA		Moderate KOA		Severe KOA	
	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
	rho(p)	rho(p)	rho(p)	rho(p)	rho(p)	rho (p)	rho (p)	rho (p)
APA1	0.82(0.002)*	0.34(0.29)	0.28(0.23)	-0.17(0.46)	0.29(0.08)	-0.31(0.05)*	-0.38(0.21)	0.30(0.33)
APA2a	-0.30(0.35)	-0.09(0.97)	0.05(0.83)	0.29(0.21)	-0.42(0.01)*	0.13(0.41)	0.30(0.34)	-0.32(0.29)
APA2b	-0.40(0.21)	0.23(0.48)	-0.31(0.19)	0.16(0.49)	-0.08(0.64)	0.18(0.28)	-0.07(0.82)	0.28(0.36)
LOC	0.38(0.24)	0.69(0.19)*	0.22(0.34)	0.04(0.87)	0.15(0.36)	0.23(0.16)	-0.08(0.80)	0.05(0.86)
APA1x	-0.23(0.48)	-0.33(0.31)	0.24(0.32)	0.16(0.50)	0.28(0.09)	0.17(0.32)	-0.13(0.68)	-0.57(0.05)*
APA2ax	0.07(0.83)	0.24(0.46)	-0.07(0.77)	-0.17(0.48)	-0.26(0.11)	-0.06(0.68)	-0.21(0.51)	0.41(0.18)
APA2bx	0.26(0.43)	-0.33(0.31)	-0.27(0.25)	-0.13(0.57)	-0.08(0.64)	0.20(0.24)	-0.07(0.82)	0.04(0.88)
LOCx	0.53(0.08)	-0.18(0.59)	-0.30(0.20)	-0.19(0.42)	0.21(0.21)	0.21(0.20)	0.00(1.00)	0.07(0.81)
APA1y	-0.64(0.03)*	0.57(0.06)	-0.09(0.69)	-0.04(0.85)	0.00(0.96)	0.28(0.09)	-0.05(0.86)	0.26(0.40)

APA2ay	0.50(0.11)	-0.67(0.02)*	0.04(0.84)	0.25(0.29)	0.08(0.61)	0.16(0.34)	-0.63(0.02)*	-0.14(0.64)
APA2by	0.50(0.11)	0.56(0.07)	0.40(0.08)	0.09(0.69)	0.05(0.74)	0.45(0.00)*	-0.16(0.60)	0.38(0.31)
LOCy	-0.24(0.46)	-0.83(0.001)	-0.18(0.45)	-0.14(0.54)	-0.14(0.40)	-0.17(0.30)	0.37(0.23)	-0.16(0.61)
dAPA1	0.07(0.83)	-0.59(0.05)*	0.52(0.02)*	0.11(0.96)	-0.09(0.56)	-0.16(0.33)	0.49(0.10)	-0.00(0.99)
dAPA2a	0.47(0.14)	-0.45(0.16)	0.18(0.45)	-0.01(0.96)	0.13(0.42)	0.14(0.40)	0.67(0.01)*	0.09(0.77)
dAPA2b	0.15(0.65)	-0.27(0.41)	-0.04(0.85)	0.03(0.89)	0.05(0.74)	0.07(0.66)	0.25(0.43)	-0.19(0.54)
dLOC	0.78(0.004)*	-0.07(0.83)	0.21(0.38)	0.04(0.85)	0.29(0.08)	-0.17(0.29)	0.28(0.37)	-0.07(0.81)
dtotal	0.65(0.02)*	-0.66(0.02)*	0.33(0.16)	0.06(0.80)	0.16(0.32)	-0.18(0.29)	0.66(0.01)*	0.04(0.89)
vAPA1x	-0.46(0.15)	0.80(0.003)*	-0.02(0.92)	-0.07(0.77)	0.28(0.09)	-0.04(0.81)	-0.25(0.41)	0.30(0.34)
vAPA2ax	0.37(0.25)	-0.68(0.02)*	0.19(0.42)	0.04(0.84)	-0.25(0.13)	0.08(0.63)	0.39(0.19)	-0.05(0.86)
vAPA2bx	0.33(0.31)	-0.36(0.27)	-0.21(0.38)	0.18(0.44)	-0.17(0.49)	-0.02(0.87)	0.21(0.51)	-0.18(0.55)
vLOCx	0.69(0.01)*	0.31(0.34)	-0.27(0.24)	0.22(0.35)	0.26(0.12)	-0.23(0.16)	0.04(0.89)	0.05(0.86)
vAPA1y	-0.59(0.05)*	0.71(0.01)*	-0.24(0.30)	0.10(0.67)	0.07(0.65)	-0.09(0.59)	-0.15(0.63)	-0.29(0.35)
vAPA2ay	0.49(0.12)	-0.57(0.06)	-0.06(0.80)	-0.28(0.24)	0.02(0.87)	-0.20(0.22)	-0.42(0.17)	-0.21(0.94)

vAPA2by	0.50(0.11)	-0.57(0.06)	0.40(0.08)	-0.06(0.78)	0.06(0.72)	-0.47(0.004)*	-0.11(0.71)	-0.21(0.49)
vLOCy	0.59(0.05)*	0.69(0.01)*	0.07(0.77)	0.25(0.29)	0.14(0.40)	0.30(0.07)	0.64(0.02)*	0.44(0.15)

*Significant Difference: $P \leq 0.05$; APA: anticipatory postural adjustments; LOC: locomotor phase; dAPA: duration of postural adjustment; vAPA(x, y): velocity of postural adjustment in anteroposterior (x) and medio-lateral (y) directions.

Table 3. Parameters of postural adjustments on the right limb

Parameters	Groups				Kruskal-Wallis test	
	Control Median	Mild Median	Moderate Median	Severe Median	<i>P</i> -value	Effect between groups
APA1(m)	-0.075	-0.075	-0.054	-0.040	0.000*	b, c, e
APA2a(m)	0.078	0.089	0.077	0.085	NS	-
APA2b(m)	0.068	0.052	0.052	0.048	0.037*	b,
LOC(m)	-0.111	-0.104	-0.101	-0.071	0.035*	f
dAPA1 (s)	-0.402	-0.327	-0.326	-0.312	NS	-
dAPA2a (s)	-0.133	-0.179	-0.197	-0.215	0.006*	b, c,
dAPA2b (s)	-0.130	-0.175	-0.151	-0.211	0.004*	c
dLOC (s)	-0.45	-0.504	-0.556	-0.637	0.023*	c
dtotal (s)	-1.088	-1.175	-1.284	-1.408	0.015*	c
vAPA1x(m/s)	-0.112	-0.116	-0.095	-0.092	0.025*	-
vAPA2ax(m/s)	0.383	0.368	0.312	0.223	0.004*	c, e

vAPA2bx(m/s)	0.499	0.367	0.361	0.268	0.006*	c
vLOCx (m/s)	0.045	0.017	0.017	0.010	0.003*	b, c,
vAPA1y (m/s)	-0.087	-0.101	-0.077	-0.049	0.006*	c, e
vAPA2ay(m/s)	-0.124	-0.163	-0.093	-0.063	0.001*	d, e
vAPA2by(m/s)	-0.023	0.034	0.029	0.016	0.474	-
vLOCy (m/s)	-0.231	-0.175	-0.179	-0.118	0.018*	c

*Significant Difference: $P \leq 0.05$; APA: anticipatory postural adjustments; LOC: locomotor phase; dAPA: duration of postural adjustment; vAPA(x, y): velocity of postural adjustment in anteroposterior (x) and medio-lateral (y) directions; a: Control vs Mild < 0.05 ; b: Control vs Moderate < 0.05 ; c: Control vs Severe < 0.05 ; d: Mild vs Moderate < 0.05 ; e: Mild vs Severe < 0.05 ; f: Moderate vs Severe < 0.05 . When the Kruskal-Wallis for independent samples overall testing showed that the main effects were not significant – NS ($P > 0.05$), post-hoc tests were not conducted and are not presented.

Table 4. Parameters of postural adjustments on the left limb.

Parameters	Groups				Kruskal-Wallis test	Effect between groups
	Control Median	Mild Median	Moderate Median	Severe Median	<i>P</i> -value	
APA1 (m)	0.018	0.010	0.011	0.008	NS	-
APA2a (m)	-0.057	-0.045	-0.035	-0.031	0.031*	b
APA2b (m)	-0.083	-0.064	-0.069	-0.058	0.022*	c
LOC (m)	0.103	0.080	0.078	0.065	0.005*	c
dAPA1 (s)	0.269	0.391	0.372	0.350	NS	-
dAPA2a (s)	0.179	0.211	0.218	0.231	NS	-

dAPA2b (s)	0.125	0.124	0.145	0.173	NS	-
dLOC (s)	0.530	0.513	0.570	0.637	NS	-
Dtotal (s)	1.263	1.269	1.379	1.393	NS	-
vAPA1x(m/s)	0.155	0.084	0.102	0.075	0.032*	c
vAPA2ax(m/s)	-0.393	-0.310	-0.293	-0.199	0.019*	c
vAPA2bx(m/s)	-0.545	-0.382	-0.403	-0.308	0.002*	b, c
vLOCx (m/s)	-0.015	-0.029	-0.023	-0.015	NS	-
vAPA1y (m/s)	0.092	0.058	0.070	0.038	NS	-
vAPA2ay(m/s)	-0.132	-0.102	-0.124	-0.064	NS	-
vAPA2by(m/s)	0.144	0.100	0.106	0.047	0.043*	-
vLOCy (m/s)	-0.208	-0.175	-0.158	-0.110	0.002*	c, e

*Significant Difference: $P \leq 0.05$; APA: anticipatory postural adjustments; LOC: locomotor phase; dAPA: duration of postural adjustment; vAPA(x, y): velocity of postural adjustment in anteroposterior (x) and medio-lateral (y) directions a: Control vs Mild < 0.05 ; b: Control vs Moderate < 0.05 ; c: Control vs Severe < 0.05 ; d: Mild vs Moderate < 0.05 ; e: Mild vs Severe < 0.05 ; f: Moderate vs Severe < 0.05 . When the Kruskal-Wallis for independent samples overall testing showed that the main effects were not significant – NS ($P > 0.05$), post-hoc tests were not conducted and are not presented.

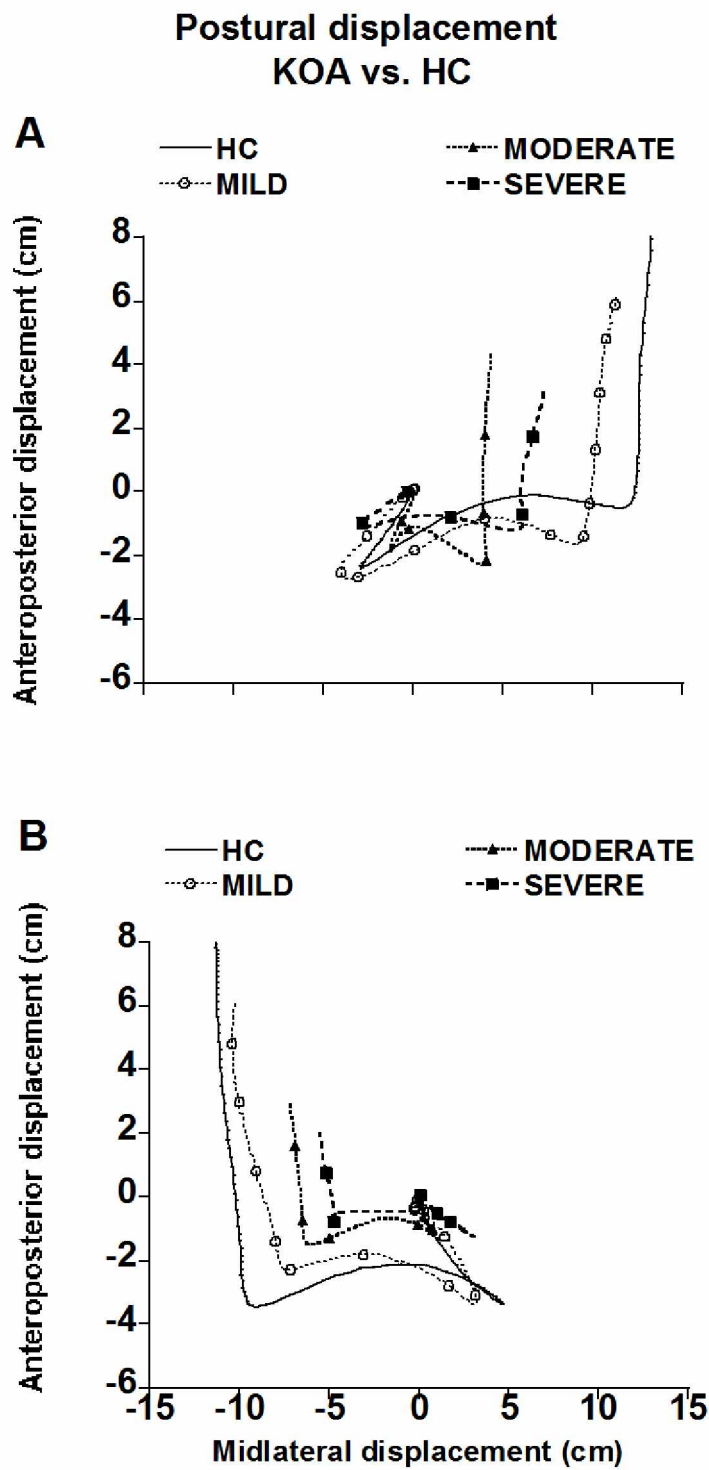


Figure 2. This figure depicts the center of pressure (CoP) displacement between the groups with KOA (mild, moderate, and severe) and the control group for left (A) and right (B) limb swinging forward, performed by one subject each group. The initial position (origin) was aligned to show the difference between groups.

4. DISCUSSION

The present study aimed to evaluate the APAs adopted by older adults with KOA at different severity levels during GI. Our results demonstrated that independent of the grouping in more or less -affected limbs, the KOA affects the postural adjustments. When comparing the different from KOA levels, we observed that there was no difference between these groups. The results also showed that irrespective the limb more or less -affected, during right limb swinging forward, compared to HC and mild KOA groups, older adults with severe and moderate KOA presented reduced posterolateral CoP displacement (APA1) toward the swinging limb, reduced lateral CoP displacement towards the supporting limb, reduced locomotor phase, reduced APAs velocity, and, consequently, higher duration of APAs. During the left limb swinging forward, these same individuals presented reduced lateral CoP displacement toward the support limb, reduced locomotor phase, and reduced APA velocity when compared to older adults with mild KOA and healthy older adults.

During GI, the posterolateral CoP displacement toward the oscillating limb occurs through inhibition of the soleus and activation of the tibialis anterior, which allows the production of forces responsible for propelling CoM forward (Winter, 1995; Polcyn et al., 1998). The size of the APA anterior -posterior displacement has been related to gait velocity, suggesting that a greater posterior CoP displacement results in an increase in the momentum of force and impulsion of CoM needed to achieve the desired velocity (Brenière et al., 1987). In this study, we found that during the right limb swinging forward, older adults with severe and moderate levels of KOA presented less posterolateral CoP displacement during GI. These results are supported by previous studies with older adults (Mickelborough et al., 2004) and post -concussion individuals (Buckley et al., 2017). The reduction in CoP displacement adopted by these individuals may have occurred as a strategy to reduce forward CoM propulsion (at a time when there is instability) to ensure safe movement during the selfinitiated step (Buckley et al., 2017; Mickelborough et al., 2004).

In general, APA parameters that precede single limb movements require lateral weight transfer to the supporting limb (Winter, 1995; Polcyn et al., 1998). However, under conditions where there is a postural disturbance, these postural adjustments can be altered, generating variability of weight transfer (McIlroy and Maki, 1993). Individuals with Parkinson disease

have difficulty generating APAs, thus impairing lateral weight transfer and forward CoM propulsion (L M Hall et al., 2013; Rogers et al., 2011), corroborating our findings, in which older adults with severe and moderate levels of KOA showed a reduction in CoP displacement toward the support limb, and reduction in the locomotor phase during right limb swinging forward. Lower CoP displacement, in turn, contributes to the reduction in APA velocity (Burleigh -Jacobs et al., 1997), supporting our findings.

CoP displacement toward s the support limb produces a ground reaction force and increase s the load on the limb. Studies have shown that individuals with hip osteoarthritis present slower APAs when compared to the control group, to adjust movement and generate less stress in the affected joint (Tateuchi et al., 2011). In addition , the presence of articular stiffness in the stance limb affects the medial -lateral CoM displacement (Riaz et al., 2017). These findings support our results, which demonstrated that during left limb swinging forward, older adults with severe and moderate levels of KOA presented reduced CoP displacement toward the support limb, APA velocity , and locomotor phase. However, for this limb specifically, the duration of APAs was not different between groups. A smaller swing phase could explain this condition, similar to that observed in individuals with Parkinson's disease (Crenna et al., 2006); however, we did no t measure the swing phase. Our results also showed that our sample had greater involvement of the right limb (Table 1), so that while the left limb swinging forward, the right leg supports the body weight. Therefore, older adults with severe and moderate KOA, in order to spare the affected joint and reduce the moment of instability generated by unipodal support, may have reduced the stance phase, since this population has demonstrated fear of movement, pain beliefs (Alaca, 2019) and postural instability (Hassan et al., 2001).

Our results also revealed that older adults with severe KOA had a higher BMI when compared to healthy individuals, as previously described (Bliddal et al., 2014). Increasing BMI is widely recognized as a risk factor for the incidence and progression of osteoarthritis (Lementowski and Zelicof, 2008), and has a negative influence on self-reported pain as well as physical function (Riddle and Stratford, 2013).

However, while the HC group presented moderate to high correlations, the KOA groups had a few and low to moderate correlations between BMI and APA and other variables in the medio -lateral direction (Table 2). This result suggests that the HC group was able to

generate appropriate anticipatory postural adjustments to dealing with body mass, modulating the mediolateral APA amplitude (Caderby et al., 2017).

On the other hand, the few correlations in KOA groups suggest that these groups have difficulty in generating appropriate anticipatory postural adjustments. Proprioceptive information (Mouchnino, 2013; Ruget 2010) and hip abduction and stance -leg knee flexion actions participate in APA modulation (Honeine et al., 2016). KOA provokes the impaired proprioception (Hassan et al., 2001), and also it is widely recognized that the femoral quadriceps muscles (Hall et al., 2006; Hassan et al., 2001) and hip abductors (Hinman et al., 2010) have weakness in individuals with KOA, which could difficult to APA modulation. So, the individuals dealing with KOA provide some articular protective strategy prioritizing stability than motor performance (Yiou et al., 2017). Our results also revealed this difficulty. The grouping of the more and less -affected limbs, it was clear the difference between all levels of severity of KOA and healthy control. This condition reinforces the idea that individuals with KOA need an adaptation to maintain postural control (Viton et al., 2000).

Despite the lack of correlation between BMI and APA and other variables in the medio -lateral direction, the higher BMI has been accepted as a contributor to KOA progression and increased mechanical load on the joint (Knoop et al., 2011), which results in intensification of pain perception, limitation in physical function , and reduction in the joint mobility (Dieppe, 2005), making this population less active. Consequently , there is a reduction in muscle strength, which favors joint overload and pain exacerbation (Lementowski and Zelicof, 2008), generating a vicious cycle. In summary, obesity associated with KOA severity may reflect on postural balance (Capodaglio et al., 2009), contributing to the postural adjustment patterns adopted by this population.

Although the tibialis anterior is the major muscle responsible for generating forward CoM propulsion (Elble et al., 1994), its activation tends to be impaired in older adults (Mickelborough et al., 2004) and individuals with Parkinson disease (Fernandes et al., 2017; Rogers et al., 2011). This dysfunction in muscle activation may also justify restrictions in CoP displacement, which results in longer duration and slower APA s and locomotor phase velocity (Fernandes et al., 2017; L. M. Hall et al., 2013). The same idea could be applied to older adults with KOA, as they present alterations in neuromuscular function (Bigham et al., 2018), including of tibialis anterior in animal experiments (Cunha et al., 2019). Despite these

implications, to date, there is no evidence of quantification of muscle activation during GI for this population. Thus, further research could fill these gaps.

The characteristics of the individuals with moderate and severe KOA observed in this study suggest that they use an adaptive postural strategy to perform the transition from stable bipedal stance to unstable unipedal stance. This study advances the idea that neuromuscular training should be a simultaneous goal in rehabilitation programs to reduce the risk of falling in this population.

LIMITATIONS

The sample size could be considered as a limitation of this study, however, it is consistent with other studies that investigated APAs in individuals with hip osteoarthritis (Schlenstedt et al., 2017), Parkinson disease (Stewart et al., 2018), post-concussion (Buckley et al., 2017), and obese older adults (Cau et al., 2014). Besides, we only considered the CoP trajectory during GI, and our volunteers may have used trunk or other joint strategies to maintain stability. However, this study is pioneering in investigating postural adjustments adopted by older adults with different KOA severity levels during GI. Our results provide some insight into the postural adjustments adopted by older adults with KOA during GI and could assist in the development of interventions directed at postural control variability, which may affect the entire movement pattern throughout the gait cycle.

5. CONCLUSION

Our results showed that older adults with severe and moderate KOA levels adopt longer lasting and slower APAs, and lower CoP displacement during GI. This condition suggests that this population has an adaptive strategy in performing gait initiation, which is significantly changed by the KOA severity level.

CONFLICTS OF INTEREST

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not -for -profit sectors.

Acknowledgments

The authors thank for the FAPEMIG support (APQ -00146 -17).

REFERENCES

- Alaca, N., 2019. The relationships between pain beliefs and kinesiophobia and clinical parameters in Turkish patients with chronic knee osteoarthritis: a cross-sectional study. *J. Pak. Med. Assoc.* 69, 823–827.
- Altman, R., Asch, E., Bloch, D., Bole, G., Borenstein, D., Brandt, K., Christy, W., Cooke, T.D., Greenwald, R., Hochberg, M., 1986. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum.* 29, 1039–49.
- Bensalma, F., Mezghani, N., Ouakrim, Y., Fuentes, A., Choinière, M., Bureau, N.J., Durand, M., Hagemester, N., 2019. A multivariate relationship between the kinematic and clinical parameters of knee osteoarthritis population. *Biomed. Eng. Online.* <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0676-8>
- Bigham, H.J., Flaxman, T.E., Smith, A.J.J., Benoit, D.L., 2018. Neuromuscular adaptations in older males and females with knee osteoarthritis during weight-bearing force control. *Knee* 25, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2017.06.004>
- Bliddal, H., Leeds, A.R., Christensen, R., 2014. Osteoarthritis, obesity and weight loss: Evidence, hypotheses and horizons - a scoping review. *Obes. Rev.* <https://doi.org/10.1111/obr.12173>
- Brenière, Y., Cuong Do, M., Bouisset, S., 1987. Are dynamic phenomena prior to stepping essential to walking? *J. Mot. Behav.* 19, 62–76. <https://doi.org/10.1080/00222895.1987.10735400>
- Buckley, T.A., Oldham, J.R., Munkasy, B.A., Evans, K.M., 2017. Decreased Anticipatory Postural Adjustments During Gait Initiation Acutely Postconcussion. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 98, 1962–1968. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.05.002>
- Burleigh-Jacobs, A., Horak, F.B., Nutt, J.G., Obeso, J.A., 1997. Step initiation in Parkinson's disease: Influence of levodopa and external sensory triggers. *Mov. Disord.* <https://doi.org/10.1002/mds.870120211>

- Capodaglio, P., Vismara, L., Menegoni, F., Baccalaro, G., Galli, M., Grugni, G., 2009. Strength characterization of knee flexor and extensor muscles in Prader-Willi and obese patients. *BMC Musculoskelet. Disord.* <https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-47>
- Cau, N., Cimolin, V., Galli, M., Precilios, H., Tacchini, E., Santovito, C., Capodaglio, P., 2014. Center of pressure displacements during gait initiation in individuals with obesity. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-82>
- Chang, H., Krebs, D.E., 1999. Dynamic balance control in elders: gait initiation assessment as a screening tool. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 80, 490–4.
- Crenna, P., Carpinella, I., Rabuffetti, M., Rizzone, M., Lopiano, L., Lanotte, M., Ferrarin, M., 2006. Impact of subthalamic nucleus stimulation on the initiation of gait in Parkinson's disease. *Exp. brain Res.* 172, 519–32. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0360-7>
- Cunha, J.E., Barbosa, G.M., Castro, P.A.T. de S., Luiz, B.L.F., Silva, A.C.A., Russo, T.L., Vasilceac, F.A., Cunha, T.M., Cunha, F.Q., Salvini, T.F., 2019. Knee osteoarthritis induces atrophy and neuromuscular junction remodeling in the quadriceps and tibialis anterior muscles of rats. *Sci. Rep.* 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42546-7>
- Cunnington, R., Windischberger, C., Deecke, L., Moser, E., 2003. The preparation and readiness for voluntary movement: A high-field event-related fMRI study of the Bereitschafts-BOLD response. *Neuroimage* 20, 404–412. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00291-X](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00291-X)
- DA Winter, 1995. Human balance posture control during standing and walking. *Gait Posture* 3, 193–214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- Dieppe, P.A., 2005. Relationship between symptoms and structural change in osteoarthritis: what are the important targets for therapy? *J. Rheumatol.* 32, 1147–9.
- Dunn, O.J., 1964. Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Technometrics* 6, 241–252. <https://doi.org/10.1080/00401706.1964.10490181>
- Dutil, M., Handrigan, G.A., Corbeil, P., Cantin, V., Simoneau, M., Teasdale, N., Hue, O., 2013. The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *Age (Dordr.)* 35, 883–90. <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9386-x>
- Elble, R.J., Moody, C., Leffler, K., Sinha, R., 1994. The initiation of normal walking. *Mov. Disord.* <https://doi.org/10.1002/mds.870090203>
- Fernandes, Â., Sousa, A.S.P., Rocha, N., Tavares, J.M.R.S., 2017. The Influence of a Cognitive Task on the Postural Phase of Gait Initiation in Parkinson's Disease: An Electromyographic-Based Analysis. *Motor Control* 21, 249–264. <https://doi.org/10.1123/mc.2015-0032>
- Fernandes, M., 2002. MARCUS IVANOVITH FERNANDES TRADUÇÃO E VALIDAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE QUALIDADE DE VIDA ESPECÍFICO PARA OSTEOARTROSE WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) PARA A LÍNGUA PORTUGUESA.
- Hall, L M, Brauer, S.G., Horak, F., Hodges, P.W., 2013. The effect of Parkinson's disease and levodopa on adaptation of anticipatory postural adjustments. *Neuroscience* 250, 483–92.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.07.006>

Hall, M.C., Mockett, S.P., Doherty, M., 2006. Relative impact of radiographic osteoarthritis and pain on quadriceps strength, proprioception, static postural sway and lower limb function. *Ann. Rheum. Dis.* 65, 865–870. <https://doi.org/10.1136/ard.2005.043653>

Hassan, B.S., Mockett, S., Doherty, M., 2001. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Ann Rheum Dis.* 60, 612–618. <https://doi.org/10.1136/ard.60.6.612>

Honeine, J.L., Schieppati, M., Crisafulli, O., Do, M.C., 2016. The neuro-mechanical processes that underlie goal-directed medio-lateral APA during gait initiation. *Front. Hum. Neurosci.* 10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00445>

Hurwitz, D.E., Ryals, A.B., Case, J.P., Block, J.A., Andriacchi, T.P., 2002. The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain. *J. Orthop. Res.* [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(01\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(01)00081-X)

Ikutomo, H., Nagai, K., Tagomori, K., Miura, N., Nakagawa, N., Masuhara, K., 2018. Incidence and Risk Factors for Falls in Women With End-Stage Hip Osteoarthritis. *J. Geriatr. Phys. Ther.* <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000156>

Kim, H.-S., Yun, D.H., Yoo, S.D., Kim, D.H., Jeong, Y.S., Yun, J.-S., Hwang, D.G., Jung, P.K., Choi, S.H., 2011. Balance control and knee osteoarthritis severity. *Ann. Rehabil. Med.* 35, 701–9. <https://doi.org/10.5535/arm.2011.35.5.701>

Knoop, J., van der Leeden, M., Thorstensson, C.A., Roorda, L.D., Lems, W.F., Knol, D.L., Steultjens, M.P.M., Dekker, J., 2011. Identification of phenotypes with different clinical outcomes in knee osteoarthritis: Data from the osteoarthritis initiative. *Arthritis Care Res. (Hoboken)*. 63, 1535–1542. <https://doi.org/10.1002/acr.20571>

Lawrence, J.S., Bremner, J.M., Bier, F., 1966. Osteo-arthritis. Prevalence in the population and relationship between symptoms and x-ray changes. *Ann. Rheum. Dis.* 25, 1–24.

Lawrence, R.C., Felson, D.T., Helmick, C.G., Arnold, L., Choi, H., Deyo, R., Gabriel, S.E., Hirsch, R., Hochberg, M., Hunder, G.G., Jordan, J., Katz, J., Kremers, H.M., Wolfe, F., 2008. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis Rheum.* <https://doi.org/10.1002/art.23177>

Lementowski, P.W., Zelicof, S.B., 2008. Obesity and osteoarthritis. *Am. J. Orthop. (Belle Mead, NJ)*. 37, 148–51.

MacKinnon, C.D., Jager, C., Mille, M.-L., Zhang, Y., Rogers, M.W., Rudnick, L., Chiusano, J., Miller, E., Bissig, D., 2007. Preparation of Anticipatory Postural Adjustments Prior to Stepping. *J. Neurophysiol.* <https://doi.org/10.1152/jn.01136.2006>

Manetta, J., Franz, L.H., Moon, C., Perell, K.L., Fang, M., 2002. Comparison of hip and knee muscle moments in subjects with and without knee pain. *Gait Posture* 16, 249–54.

McIlroy, W.E., Maki, B.E., 1993. Do anticipatory postural adjustments precede compensatory stepping reactions evoked by perturbation? *Neurosci. Lett.* 164, 199–202. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(93\)90891-n](https://doi.org/10.1016/0304-3940(93)90891-n)

Mickelborough, J., van der Linden, M.L., Tallis, R.C., Ennos, A.R., 2004. Muscle activity during gait initiation in normal elderly people. *Gait Posture* 19, 50–7.

Mukaka, M.M., 2012. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med. J.* 24, 69–71.

Mündermann, A., Dyrby, C.O., Andriacchi, T.P., 2005. Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: increased load at the ankle, knee, and hip during walking. *Arthritis Rheum.* 52, 2835–44. <https://doi.org/10.1002/art.21262>

Naugle KM, Hass CJ, Bowers D, J.C., 2012. Emotional state affects gait initiation in individuals with Parkinson's disease. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 12, 207–19. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0071-9>.

Polcyn, A.F., Lipsitz, L.A., Kerrigan, D.C., Collins, J.J., 1998. Age-related changes in the initiation of gait: degradation of central mechanisms for momentum generation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79, 1582–9.

Remelius, J.G., Hamill, J., Kent-Braun, J., Van Emmerik, R.E.A., 2008. Gait initiation in multiple sclerosis. *Motor Control*.

Riaz, N., Wolden, S.L., Gelblum, D.Y., Eric, J., 2017. Anticipatory postural adjustment during self-initiated, cued and compensatory stepping in healthy elderly and patients with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 98, 1316–1324. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.01.023>

Riddle, D.L., Stratford, P.W., 2013. Body weight changes and corresponding changes in pain and function in persons with symptomatic knee osteoarthritis: a cohort study. *Arthritis Care Res. (Hoboken).* 65, 15–22. <https://doi.org/10.1002/acr.21692>

Rogers, M.W., Kennedy, R., Palmer, S., Pawar, M., Reising, M., Martinez, K.M., Simuni, T., Zhang, Y., MacKinnon, C.D., 2011. Postural preparation prior to stepping in patients with Parkinson's disease. *J. Neurophysiol.* <https://doi.org/10.1152/jn.00005.2010>

Schlenstedt, C., Mancini, M., Horak, F., Peterson, D., 2017. Anticipatory postural adjustment during self-initiated, cued and compensatory stepping in healthy elderly and patients with Parkinson's disease HHS Public Access. *Arch Phys Med Rehabil.* <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.01.023>

Stewart, J., Bachman, G., Cooper, C., Liu, L., Ancoli-Israel, S., Alibiglou, L., 2018. Circadian dysfunction and fluctuations in gait initiation impairment in Parkinson's disease. *Exp. Brain Res.* 236, 655–664. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5163-5>

Suzuki, M., Miyai, I., Ono, T., Oda, I., Konishi, I., Kochiyama, T., Kubota, K., 2004. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. *Neuroimage* 23, 1020–6. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.07.002>

Tateuchi, H., Ichihashi, N., Shinya, M., Oda, S., 2011. Anticipatory postural adjustments during lateral step motion in patients with hip osteoarthritis. *J. Appl. Biomech.* 27, 32–39. <https://doi.org/10.1123/jab.27.1.32>

Tinetti, M.E., Doucette, J.T., Claus, E.B., 1995. The contribution of predisposing and

situational risk factors to serious fall injuries. *J. Am. Geriatr. Soc.* 43, 1207–13.

Uemura, K., Yamada, M., Nagai, K., Ichihashi, N., 2011. Older adults at high risk of falling need more time for anticipatory postural adjustment in the precrossing phase of obstacle negotiation. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 66 A, 904–909.
<https://doi.org/10.1093/gerona/qlr081>

Wang, J., Wai, Y., Weng, Y., Ng, K., Huang, Y.-Z., Ying, L., Liu, H., Wang, C., 2009. Functional MRI in the assessment of cortical activation during gait-related imaginary tasks. *J. Neural Transm.* 116, 1087–92. <https://doi.org/10.1007/s00702-009-0269-y>

Wentink, E.C., Schut, V.G.H., Prinsen, E.C., Rietman, J.S., Veltink, P.H., 2014. Detection of the onset of gait initiation using kinematic sensors and EMG in transfemoral amputees. *Gait Posture* 39, 391–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.08.008>

Yiou, E., Caderby, T., Delafontaine, A., Fourcade, P., Honeine, J.-L., 2017. Balance control during gait initiation: State-of-the-art and research perspectives. *World J. Orthop.*
<https://doi.org/10.5312/wjo.v8.i11.815>

7 ARTIGO 2

Este artigo foi submetido ao journal Annals of Physical and Rehabilitation Medicine fator de impacto 4,91 e qualis A1 e está em análise

EXERCISES ON GAIT INITIATION IN INDIVIDUALS WITH KNEE OSTEOARTHRITIS: A DOUBLE-BLIND, RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Fabiana da Silva Soares, PT, MsC a, b* (fabisilsoares@gmail.com)

Vanessa Martins Pereira Silva Moreira PT, MsC a, b (vanessamartinsfisio@gmail.com)

Wallisen Tadashi Hattori b (wallhattori@gmail.com)

Valdeci Carlos Dionísio, PT, PhD a, b (vcdionisio@gmail.com)

a Physical Therapy Course, Federal University of Uberlandia, Uberlândia, Brazil

b Doctor Program in Health Sciences, Faculty of Medicine, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Brazil.

Correspondence Address:

Fabiana da Silva Soares*

Physical Therapy Course, Federal University of Uberlandia, Campus Educação Física - Rua Benjamim Constant, 1286, Uberlândia - MG - CEP 38400-678

E-mail: fabisilsoares@gmail.com

HIGHLIGHTS

Exercise reduces the CoP posterolateral displacement in Individuals with KOA

Exercise increases the duration of the medial-lateral displacement in individuals with KOA

Resistive and aerobic exercises increase the isometric muscle strength

Resistive and aerobic exercises reduce pain

Exercises and education improve the physical function

ABSTRACT

Background: Individuals with knee osteoarthritis (KOA) experience pain, deficits in strength and function, and changes in anticipatory postural adjustments (APAs) during gait initiation (GI). The inability to generate adequate APAs could increase the risk of falls in this population. Therefore, exercises are strongly indicated for managing clinical presentations in KOA but were not investigated in APAs.

Objective: To investigate the effects of resistive and aerobic exercises on APAs used by individuals with KOA during the gait initiation GI.

Methods: This double-blind, randomized, and controlled trial recruited 64 individuals diagnosed with KOA, and they were submitted to intervention for eight weeks. Participants were randomly allocated into the controlled (CG, n = 20), resistive exercise (RG, n = 20), and aerobic exercise (AG, n = 24) groups. The primary outcomes were the center of pressure

(CoP) displacement in the APAs. Secondary outcomes were isometric muscle strength, pain intensity measured by the numerical pain scale, and physical function assessed by the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC).

Results: The results showed a reduced posterolateral displacement of the CoP in the RG ($p = 0.031$) and an increase in the duration of the medial-lateral displacement in the RG and AG groups ($p = 0.012$) after the intervention. Furthermore, after the minimal intervention, the CG showed a reduced duration of posterolateral CoP displacement ($p = 0.038$) and the locomotor phase ($p = 0.048$) in the anteroposterior direction. In addition, the RG and AG groups increased the isometric muscle strength and reduced pain ($p < 0.0001$). All groups improved physical function.

Conclusion: Individuals with KOA submitted to resistive and aerobic exercise intervention by eight weeks produce similar clinical measures (pain, muscle strength, and physical function) and in APAs patterns used during GI. This study also revealed that the education of patients could impact physical function.

Keywords: gait initiation, anticipatory postural adjustments, knee osteoarthritis, resistive exercise, aerobic exercise.

Register of study

(RBR-4ckqq9/2018).

Abbreviations

GI: gait initiation; APAs: anticipatory postural adjustments; CoP: center of pressure; CoM: center of mass; KOA: knee osteoarthritis; NPS: numerical pain scale; WOMAC: Western

Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index; ABD: abductors; QF: quadriceps femoris; TA: tibialis anterior; CG: group controlled; RG: group resisted; AG: group aerobic; TS: triceps surae

1. INTRODUCTION

The gait initiation (GI) is a functional task that has been used as an indicator of balance dysfunction [1] since GI poses challenges to the system performed with dynamic postural control [2,3]. The postural control is preceded by a sequence of anticipatory postural adjustments (APAs) that result in a step forward. These APAs occur from stereotyped muscle activations that allow the posterolateral displacement of the center of pressure (CoP) towards the oscillating limb, followed by its mediolateral displacement towards the supporting leg, enabling an impulse of the center of mass (CoM) forward [4]. However, aging [3] and neurological [5] or musculoskeletal disorders, such as knee osteoarthritis (KOA), may limit the performance of GI [6]. That is due to changes in neuromuscular and biomechanical mechanisms involved in GI [7].

KOA is a degenerative rheumatic disease that affects cartilage, subchondral bone, and adjacent soft tissues [8]. KOA is expected in the elderly population [9], and it is characterized by reduced range of motion, joint instability [10], pain, and damage to muscle function, which can affect postural control [11] and how people walk [10,12]. Soares et al. (2020) showed that individuals with KOA adopt slower and longer-lasting postural adjustments during GI [6], with the possible purpose of adjusting movement and generating less stress for the affected joint [13]. Limitations during locomotor transitions result from the increase in the duration of the APAs [14] or the incorrect lateral displacement of the bodyweight [15] are, in turn, important factors for the increased risk of falls in old individuals [16].

First-line non-pharmacological conservative treatment includes exercise, education, and weight loss [17]. The exercises help control pain, optimize joint mobility and physical function, and gain strength [18]. Although aerobic exercises are indicated for pain relief [19], resistive exercises are the most studied modality [17]. In addition, Nocera et al. (2010) observed a positive correlation between lower limb strength and GI performance in parkinsonians [20]. Those results suggest that resistive exercises could be critical to GI performance. However, no studies assessed the effects of exercises modalities on postural adjustments related to the KOA. Therefore, this study aimed to investigate the effects of resistive and aerobic exercises on the APAs adopted by individuals with KOA during GI. Additionally, we evaluated the effects of exercise programs on physical function, pain intensity, and isometric muscle strength. Our hypotheses were that: i) resistive and aerobic exercises would modify the pattern of APAs and that ii) resistive exercises would demonstrate superior effects to aerobic exercises and the controlled group.

2. METHODS

2.1 Study Design

This study is a double-blind, randomized, controlled clinical trial, approved by the Research Ethics Committee (n. 2451513/2018) and by the Brazilian Registry of Clinical Trials (n. RBR-4ckqq9 / 2018). The conduction of the study was from July 2018 to June 2019 and followed the guidelines and recommendations of CONSORT 2010 [21].

2.2 Participants

Individuals with KOA were recruited through television news advertisements and outreach in the academic environment. Volunteers were pre-selected by telephone and underwent an adequately trained physical therapist assessment. Eligibility criteria included all those aged ≥ 50 years diagnosed with KOA according to the American College of Rheumatology criteria [22], radiological evidence with mild, moderate, and severe impairment of one or more compartments of the knee. [23], reported knee pain for at least six months, and level ≥ 3 , according to the numerical pain scale (NPS), and medical clearance to perform exercises. Volunteers cannot have other musculoskeletal, neuromuscular disorders, diabetes mellitus, and uncorrected visual or auditory deficits. In addition, they cannot use mobility aids during the assessment, be in physical therapy treatment, or have any other condition that would make it difficult to understand and perform the required tasks. All participants signed an informed consent form.

2.3 Assessment instruments

The same screening examiner assessed physical function, pain intensity, GI, and isometric muscle strength, who did not participate or receive information about randomization and intervention protocols. The evaluations were conducted before and after the intervention (up to 7 days). We considered the most affected knee for postural adjustments and strength analysis, confirmed by the participant. However, both members received intervention and evaluations.

2.3.1 Assessment of physical function and pain

We used the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) self-administered questionnaire to assess functional performance. Its score can

range from 0 to 96. The higher the score, the worse the physical function [24]. We used NPS to assess pain. NPS estimates pain unidimensional pain intensity, rating from 0 to 10. Zero refers to "no pain", and ten refers to "worst possible pain" [25]. For participants who used analgesics, we requested that they not use such medications within 24 hours before the evaluation [26].

2.3.2 Assessment of GI

GI was assessed using the BIOMECH 400 force plate (EMG System do Brasil Ltda®), embedded in a 2 m walkway. We recorded the CoP trajectory with a sampling frequency of 120 Hz, using the BIOMECH (V 1.1) EMG System Brasil software. The participants were instructed to remain on the force plate in an orthostatic position, barefoot, with a comfortable and self-selected support base. Upon hearing the verbal command "go", they should perform the GI and continue walking along the catwalk. We used marks with tapes to register the initial feet position to provide standardization and reproduction of the assessment [27]. The test started with the less-affected limb swinging forward, then performed with the most-affected limb swinging forward. Three repetitions were performed on each limb in a self-selected one.

We developed a script in MatLab (MathWorks, version 2015a) where the CoP trajectory was divided into the following phases (Figure 1s, supplementary material): I) posterolateral displacement of the CoP towards the swinging member (APA1); II) medio-lateral displacement of the CoP towards the supporting limb (APA2a, APA2b); and III) locomotor phase (LOC). Our primary outcomes of interest were as anticipatory postural adjustment variables (APA1, APA2a, APA2b, and LOC) and their duration (d) in the anteroposterior (y) and medio-lateral (x) direction.

2.3.3 Muscle strength assessment

We used a load cell (CKS, Kratos, São Paulo, Brazil) calibrated and adjusted for height and direction to assess isometric muscle strength. The following muscles were acquired bilaterally: hip abductors (ABD) (gluteus maximus, gluteus medius, gluteus minimus, and tensor fascia lata), quadriceps femoris (QF), and tibialis anterior (TA). For all muscles tested, the participants were positioned, fixed by belts to avoid possible compensation, and a goniometer measured angular positioning.

The participants were positioned in lateral decubitus, with the pelvis in neutral fixed by belts to evaluate the ABD muscles. The hip and knee were respectively positioned at 45° and 90° of flexion in the untested limb. For the target limb, the hip was positioned with 0° of flexion/extension and abduction/adduction, and the knee with 0° of flexion/extension. The load cell was connected to a non-extensible strap above the lateral malleolus of the evaluated limb [28]. The participants were seated in an adjustable extensor chair to measure the strength of the QF. The lower limbs were free, but belts fixed the trunk and thigh. The hips and knees were positioned at 90° of flexion. The load cell was connected to the target limb above the lateral malleolus using a non-extensible strap. [29]. Finally, the participants remained seated in the extensor chair, with the trunk and thigh fixed by belts and the hip flexed at 90° to test TA strength. The knees were positioned at 0° (extension), and the ankle was supported to maintain the limb position. The feet were in a neutral position (90°), and the load cell was connected to a non-extensible strap, which was positioned in the forefoot region to be evaluated, proximal to the metatarsophalangeal joints [30].

Before the tests, the participants performed two repetitions for each muscle to become familiar with the procedure. We verbally encourage the participants to exert maximum strength for five seconds during the tests. The test was performed three times on each muscle,

and a rest period of 60 seconds between them [29]. We normalized all data for body weight (Kgf / Kg) and considered the higher value among the three measurements for analysis.

2.4 Randomization

Blinded to the assessment, a single researcher performed randomization in Excel® (Microsoft, United States of America). The participants were identified by numbers, generated in an electronic spreadsheet, and stratified by sex and severity level of KOA. The allocation was into three distinct groups, and the participants did not receive details about the intervention protocols.

2.5 Interventions

Physical therapy students adequately trained and supervised applied the interventions, who did not participate or receive any information about assessments or randomization. The participants were divided into groups controlled (CG), resisted (RG), and aerobic (AG).

Exercise protocols (resistive and aerobic) were performed three times a week [31], for eight weeks [18,32], following the recommendations of the American College of Sports Medicine [33]. Each session time was approximately 60 minutes. The warm-up phase and a cooling phase were similar for all groups. Warm-up consists of walking for ten minutes on the Professional Treadmill 567 GT 1-2 (Embrex) at a comfortable speed. Cooling consisted of performing three repetitions of 60 seconds of stretching the hamstrings, gastrocnemius, rectus femoris, and adductors [34]. After that, an ice pack was applied on the knees for 20 minutes to avoid possible exacerbation of the inflammatory process [35].

2.5.1 Resistive exercise

RG participants were submitted to a strength protocol with progressive loads directed to the QF, ABD, and TA muscles. We used for strength protocol the Pro R1030 Extender

Chair (Righetto Fitness Equipment) for knee extension, free weights for hip abduction, and elastic bands (Elastos®) for ankle [36] (Figure 2s, Supplementary Material). The unilateral exercises were performed in four sets of six repetitions and a full range of motion for both sides. We established a rest period of 60 seconds between each series to avoid muscle fatigue [32]. Before starting the protocol, the participants performed a few repetitions using a light load to become familiar with the exercise [37].

In the initial assessment, we obtained the values of the maximum strength test. In the first session, we used the basal resistance equivalent to 50% of the value in the initial evaluation. Each week, resistance was progressed by at least 5% of the load applied in the previous week [32]. Progression was used according to the ability of the participant to perform one more repetition than requested [38] and pain-free [32].

2.5.2 Aerobic exercise

The participants allocated to the AG were submitted to the 40-minute exercise protocol on the E-520 vertical ergometric bicycle (Movement by Brudden) with an adjustable bench. We established the exercise intensity between 50-70% of the maximum heart rate (HR) [39]. The protocol monitored the HR through the portable oximeter finger monitor SB100 MD (Rossmax) to guarantee this intensity.

2.5.3 Controlled Group

The participants allocated to the CG were submitted to a mandatory intervention by an education program through booklets and lectures. They addressed the characteristics of KOA, such as diagnosis, risk factors, symptoms, and treatment [40]. The lectures lasted 60 minutes and were held every two weeks for eight weeks to provide attention, social interaction, health education [41], and adherence. In addition, the participants were instructed to carry out

activities of warm-up and cooling phases at home. This protocol is adapted from the study conducted by Bezalel et al. (2010) [42]. After the results from the final evaluation, the participants were invited to receive the resistive exercise protocol, which is considered an effective intervention for individuals with KOA [37].

2.6 Statistical Analysis

We used the G Power 3.1.9.2 software to sample size calculation based on the APA variables in the GI as a primary outcome. We used the F tests family, ANOVA - repeated measures interaction within-between. The selected effect size was $F2 = 0.3$, probability of error $\alpha = 0.05$ and probability power of $1 - \text{error } \beta = 0.95$. Considering the three groups and two assessments (before and after), the total estimated sample size was 48 participants.

The Shapiro-Wilk test revealed that age and body mass index (BMI) were normally distributed, while the variables of strength, physical function, pain, and postural adjustments were not normally distributed. Therefore, to test the hypothesis that there would be a difference between the groups, we used the one-way ANOVA test for age and BMI. On the other hand, for variables with non-normal distribution, we used the Kruskal-Wallis (k sample) test. In addition, we used the Mann-Whitney test to verify between pairs when we observed statistical significance between groups. Furthermore, we used the Wilcoxon test to test the hypothesis that there would be differences between the initial and final assessments in each group. We run all tests using IBM SPSS software (version 22), considering the alpha level at ≤ 0.05 .

3. RESULTS

Figure 1 shows the study flow diagram. A total of 150 participants were a telephone screening. Of these, 53 were excluded because they did not meet all eligibility criteria or refused to participate in the study. Thus, 97 eligible individuals were selected and randomized into CG (n=28), RG (n=36), and AG (n=33). During the experiment, we considered regular attendance to be attending 20 sessions out of 24. We removed 33 participants from the study because of irregularity in the frequency of intervention (n=8), it was not possible to identify a CoP trajectory (n=5), pain exacerbation (n=1), personal or health problems (n=17), and dissatisfaction (n=2). Therefore, 64 individuals (women = 46; men = 18) participated in this trial, allocated in CG (n = 20), RG (n = 20) and AG (n = 24). The groups were not different in age, BMI, sociodemographic characteristics, sex, and severity (Table 1).

3.1 Primary outcomes

After the minimal intervention, the CG showed a reduced dAPA1y ($p = 0.038$) and dLOCy ($p = 0.048$) during the oscillation of the less-affected limb (Table 2). There was no effect between groups (CG, RG, and AG) at baseline and after the intervention (Table 3).

After the intervention, the RG revealed a reduced APA1 displacement ($p = 0.031$) and an increased dAPA2by ($p = 0.026$) during the oscillation of the most-affected limb (Table 4). In addition, the RG and the AG showed increased dAPA2by ($p = 0.012$) compared to the CG (Table 5).

3.2 Secondary outcomes

The results showed that the CG did not differ in isometric muscle strength after the intervention (Table 1s). Still, the RG showed a significant increase for ABD, QF, TA muscles in both most and less-affected limbs, while the AG showed a significant increase only for

ABD muscles in the most-affected limb and TA in both limbs (more and less-affected). The results also showed that the pain was reduced for the RG and AG ($p < 0.0001$), while the CG showed no difference (Table 1s).

After the intervention, all groups (CG, RG, and AG) presented reduced PAIN, FUNCTION, and TOTAL WOMAC scores for the WOMAC variables. On the other hand, only the CG and the AG showed the lower score in the STIFFNESS subscale (Table 1s). The comparison between groups revealed that only the RG had a lower score than the CG ($p = 0.023$) in the WOMAC STIFFNESS subscale (Table 2s) for the initial assessment. On the other hand, after the intervention, the RG had lower scores for the PAIN ($p = 0.006$), FUNCTION ($p = 0.048$) and TOTAL WOMAC ($p = 0.033$) subscales.

4. DISCUSSION

This study investigated the effects of resistive and aerobic exercises on strength, physical function, pain intensity, and the APAs adopted by individuals with KOA during GI. Our results demonstrated that an eight-week intervention alters variables of the APAs during GI. In addition, both exercises (resistive and aerobic) improved physical function, reduced pain intensity, and improved muscle strength. However, the improved muscle strength was more evident for resistive exercises.

Interventions based on land-based exercises have been widely recommended as a treatment for KOA to improve pain, physical function, and muscle strength [43] regardless of age, sex, body mass index, and severity level of disease [31]. In addition, these exercises provide immediate benefits that can be sustained for up to six months after intervention [44]. Although its effect varies according to modality [18], several studies showed that aerobic and

resistive exercises have similar positive effects on pain control compared to the control group, improving physical function [18,45] and strength improvement [37], corroborating our results.

Anticipatory postural adjustments precede the good GI, which allows the post-lateral displacement of the CoP towards the oscillating limb (APA1). The APA displacement occurs from the triceps surae (TS) inhibition accompanied by the TA activation, allowing force generation to accelerate the CoM forward [3]. In this trial, after intervention by resistive exercises, we found that individuals with KOA reduced the CoP posterolateral displacement during the oscillation of the most-affected limb. The proper time between TS inhibition and TA activation is an essential factor contributing to the posterior displacement of CoP [7]. Katoh (2019) [46] noted that individuals with KOA delay TA activation during GI, reducing the CoP displacement [7]. Participants in the RG may have lower APA1 due to the delay in TA activation despite being stronger, suggesting that there may be an alteration in the central processing system [47]. On the other hand, the increase in muscle strength could have increased the confidence of the RG participants and reduced the fear of falling. A previous study showed that fear of falling is associated with longer APA under the second task [48]. Despite these assumptions, we did not monitor muscle activity in this study, nor did we use the second task, which makes it challenging to take profound conclusions. So far, there is no evidence of muscle activity quantification during GI in individuals with KOA after intervention by exercises. Thus, we suggest that further research should fill these gaps.

Regular aerobic exercise promotes cardiovascular benefits and increases muscle strength in individuals with musculoskeletal disorders [49], helping the individuals to remain physically active. The bike exercise is considered an essential aerobic exercise used in KOA [50]. That exercise generates low impact, works on a range of motion [51], and stimulates

muscles such as the quadriceps femoris, gluteus Maximus, and tibialis anterior [52]. These findings corroborate the increase in strength of the ABD and TA muscles observed in this study. In addition to increasing strength, AG also has a reduction in pain. These results are similar to those observed in RG. There was an increase in the duration of APA2b in the anteroposterior (y) direction in both groups, while the most-affected limb oscillated. The increase in strength and the reduction in pain may have favored better control and duration of CoP displacement towards the supporting limb. Individuals with KOA tend to have ABD impaired [53], which controls mediolateral displacement (APA2a and APA2b) [54].

We observed that the CG, who received education and instruction to perform activities at home, such as the warm-up (walking) and cooling (stretching) phases, showed improvements after the intervention in the physical function measures. However, no change was observed in pain. Studies have suggested that patient education programs should be considered in the treatment of KOA [17,55], generally designed to direct knowledge and behavior about health [56]. Studies that evaluated the effect of health education programs in patients with KOA demonstrated that education could generate benefits for the function [57]. Furthermore, function measures based on physical function have been strongly associated with mobility capacity [58]. Therefore, reducing APA1 duration in the anteroposterior (y) direction may result from actions promoted in the CG related to improved mobility capacity. On the other hand, this group no-showed improvement in pain, which may be responsible for the faster execution of the locomotor phase in the anteroposterior direction (dLOCy), reducing the joint loading.

LIMITATIONS

In this trial, we have not evaluated the muscle activity, which does not allow verifying possible changes in the nervous system. Also, for ethical reasons, the controlled group had to receive minimal intervention, which probably improved physical function. However, to reduce this bias, we performed the same intervention (warm-up and cooling phase) for all groups [42]. This study is a pioneer in investigating the effect of resistive and aerobic exercises on the APAs used by individuals with KOA during the GI. Our results contribute to interventions aimed at APAs during GI and attenuate the risk of falls in this population. Future studies addressing neuromuscular aspects should be carried out to understand better the factors that interfere with APAs.

5. CONCLUSION

Individuals with KOA submitted to intervention with resistive and aerobic exercises for eight weeks have similar clinical results (pain, muscle strength, and physical function) and APA pattern used during GI. This study also revealed that education procedures can impact physical function and should be considered in individuals with KOA.

Acknowledgments

The authors are grateful for the support of the Foundation for Research Support of the State of Minas Gerais - FAPEMIG (APQ-00146-17).

Author contributions

The authors FSS and VCD designed the study. FSS and VMPSM participated in the data acquisition phase. FSS, WTH, and VCD analyzed and interpreted statistical data. FSS and VCD drafted the document and carried out several critical revisions at an intellectual level. Finally, all authors discussed the results, read, approved the manuscript, and agreed to answer for all aspects of the article.

Financing source

This work was supported by FAPEMIG (APQ-00146-17).

Interest conflicts

The authors declare no conflict of interest.

Ethics Committee

This study was approved by the Research Ethics Committee (n. 2451513/2018).

6. REFERÊNCIAS

- [1] Chang HA, Krebs DE. Dynamic balance control in elders: Gait initiation assessment as a screening tool. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:490–4. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90187-9](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90187-9).
- [2] Jian Y, Winter D, Ishac M, Gilchrist L. Trajectory of the body COG and COP during initiation and termination of gait. *Gait Posture* 1993;1:9–22. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(93\)90038-3](https://doi.org/10.1016/0966-6362(93)90038-3).
- [3] Polcyn AF, Lipsitz LA, Kerrigan DC CJ. Age-related changes in the initiation of gait: degradation of central mechanisms for momentum generation. *Arch Phys Med Rehabil*

- 1998;79:1582–9. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(98\)90425-7](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(98)90425-7).
- [4] MacKinnon CD, Jager C, Mille M-L, Zhang Y, Rogers MW, Rudnick L, et al. Preparation of Anticipatory Postural Adjustments Prior to Stepping. *J Neurophysiol* 2007. <https://doi.org/10.1152/jn.01136.2006>.
 - [5] Stewart J, Bachman G, Cooper C, Liu L, Ancoli-Israel S, Alibiglou L. Circadian dysfunction and fluctuations in gait initiation impairment in Parkinson's disease. *Exp Brain Res* 2018;236:655–64. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5163-5>.
 - [6] Soares FS, Moreira VMPS, Alves LV, Dionisio VC. What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clin Biomech* 2020;74:51–7. <https://doi.org/10.1016/J.CLINBIOMECH.2020.02.007>.
 - [7] Petrucci MN, Diberardino LA, MacKinnon CD, Hsiao-Wecksler ET. A neuromechanical model of reduced dorsiflexor torque during the anticipatory postural adjustments of gait initiation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2018;26:2210–6. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2874991>.
 - [8] Madry H, Luyten FP, Facchini A. Biological aspects of early osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:407–22. <https://doi.org/10.1007/S00167-011-1705-8>.
 - [9] Busija L, Bridgett L, Williams SRM, Osborne RH, Buchbinder R, March L, et al. Osteoarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010;24:757–68. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2010.11.001>.
 - [10] Bensalma F, Mezghani N, Ouakrim Y, Fuentes A, Choinière M, Bureau NJ, et al. A multivariate relationship between the kinematic and clinical parameters of knee osteoarthritis population. *Biomed Eng Online* 2019. <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0676-8>.
 - [11] Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Static postural sway , proprioception , and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects Static postural sway , proprioception , and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with kne 2001:612–8. <https://doi.org/10.1136/ard.60.6.612>.
 - [12] Farrokhi S, Voycheck CA, Gustafson JA, Fitzgerald GK, Tashman S. Knee joint contact mechanics during downhill gait and its relationship with varus/valgus motion and muscle strength in patients with knee osteoarthritis. *Knee* 2016;23:49–56. <https://doi.org/10.1016/J.KNEE.2015.07.011>.
 - [13] Tateuchi H, Ichihashi N, Shinya M, Oda S. Anticipatory postural adjustments during lateral step motion in patients with hip osteoarthritis. *J Appl Biomech* 2011;27:32–9. <https://doi.org/10.1123/jab.27.1.32>.
 - [14] Lu C, Huffmaster SLA, Harvey JC, MacKinnon CD. Anticipatory postural adjustment patterns during gait initiation across the adult lifespan. *Gait Posture* 2017;57:182. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2017.06.010>.
 - [15] Robinovitch SN, Feldman F, Yang Y, Schonnop R, Leung PM, Sarraf T, et al. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: An observational study. *Lancet* 2013;381:47–54. <https://doi.org/10.1016/S0140->

6736(12)61263-X.

- [16] Tinetti ME, Doucette JT, Claus EB. The Contribution of Predisposing and Situational Risk Factors to Serious Fall Injuries. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:1207–13. <https://doi.org/10.1111/J.1532-5415.1995.TB07395.X>.
- [17] Rice D, McNair P, Huysmans E, Letzen J, Finan P. Best Evidence Rehabilitation for Chronic Pain Part 5: Osteoarthritis. *J Clin Med* 2019;8. <https://doi.org/10.3390/JCM8111769>.
- [18] Goh SL, Persson MSM, Stocks J, Hou Y, Welton NJ, Lin J, Hall MC, Doherty M, Zhang W. Relative Efficacy of Different Exercises for Pain, Function, Performance and Quality of Life in Knee and Hip Osteoarthritis: Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Sports Med* 2019;49:743–61. <https://doi.org/10.1007/S40279-019-01082-0>.
- [19] Brosseau L, Taki J, Desjardins B, Thevenot O, Fransen M, Wells GA, et al. The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part three: aerobic exercise programs. *Clin Rehabil* 2017;31:612–24. <https://doi.org/10.1177/0269215517691085>.
- [20] Nocera JR, Buckley T, Waddell D, Okun MS, Hass CJ. Knee Extensor Strength, Dynamic Stability, and Functional Ambulation: Are They Related in Parkinson's Disease? *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:589. <https://doi.org/10.1016/J.APMR.2009.11.026>.
- [21] Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Int J Surg* 2011;9:672–7. <https://doi.org/10.1016/J.IJSU.2011.09.004>.
- [22] Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum* 1986;29:1039–49. <https://doi.org/10.1002/art.1780290816>.
- [23] Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 1957;16:494–502. <https://doi.org/10.1136/ard.16.4.494>.
- [24] Fernandes MI. Tradução e validação do questionário de qualidade de vida específico para osteoartrose WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) para a língua portuguesa. Diss (Mestrado Em Ciências) - Esc Paul Med Univ Fed São Paulo São Paulo, 2003 2002.
- [25] Birnie KA, Hundert AS, Lalloo C, Nguyen C, Stinson JN. Recommendations for selection of self-report pain intensity measures in children and adolescents: A systematic review and quality assessment of measurement properties. *Pain* 2019;160:5–18. <https://doi.org/10.1097/J.PAIN.0000000000001377>.
- [26] Hirata RP, Jørgensen TS, Rosager S, Arendt-Nielsen L, Bliddal H, Henriksen M, et al. Altered Visual and Feet Proprioceptive Feedbacks during Quiet Standing Increase Postural Sway in Patients with Severe Knee Osteoarthritis. *PLoS One* 2013;8:1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071253>.

- [27] Naugle KM, Hass CJ, Bowers D JC. Emotional state affects gait initiation in individuals with Parkinson's disease. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2012;12:207–19. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0071-9>.
- [28] Luedke LE, Heiderscheit BC, Williams DSB, Rauh MJ. Association of isometric strength of hip and knee muscles with injury risk in high school cross country runners. *Int J Sports Phys Ther* 2015;10:868.
- [29] Ruhdorfer A, Wirth W, Hitzl W, Nevitt M, Eckstein F. Association of Thigh Muscle Strength With Knee Symptoms and Radiographic Disease Stage of Osteoarthritis: Data From the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2014;66:1344–53. <https://doi.org/10.1002/ACR.22317>.
- [30] Kelln BM, McKeon PO, Gontkof LM, Hertel J. Hand-Held Dynamometry: Reliability of Lower Extremity Muscle Testing in Healthy, Physically Active, Young Adults. *J Sport Rehabil* 2008;17:160–70. <https://doi.org/10.1123/JSR.17.2.160>.
- [31] Juhl C, Christensen R, Roos EM, Zhang W, Lund H. Impact of exercise type and dose on pain and disability in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Arthritis Rheumatol (Hoboken, NJ)* 2014;66:622–36. <https://doi.org/10.1002/ART.38290>.
- [32] Lin DH, Lin CHJ, Lin YF, Jan MH. Efficacy of 2 non-weight-bearing interventions, proprioception training versus strength training, for patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009;39:450–7. <https://doi.org/10.2519/JOSPT.2009.2923>.
- [33] Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:674–88. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>.
- [34] Perez-Huerta BD, Díaz-Pulido B, Pecos-Martin D, Beckwee D, Lluch-Girbes E, Fernandez-Matias R, et al. Effectiveness of a Program Combining Strengthening, Stretching, and Aerobic Training Exercises in a Standing versus a Sitting Position in Overweight Subjects with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med* 2020;9:4113. <https://doi.org/10.3390/JCM9124113>.
- [35] Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol* 2018;9. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2018.00403>.
- [36] León-Ballesteros S, Espinosa-Morales R, Clark-Peralta P, Guadalupe Gómez-Pineda A, Horacio Guadarrama-Becerril J. Kinesiotape and quadriceps strengthening with elastic band in women with knee osteoarthritis and overweight or obesity. A randomized clinical trial 2018. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.03.001>.
- [37] Vincent KR, Vasilopoulos T, Montero C, Vicent HK. Eccentric and Concentric Resistance Exercise Comparison for Knee Osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc* 2019;51:1977–86. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002010>.
- [38] Anderson T, Kearney JT. Effects of Three Resistance Training Programs on Muscular Strength And Absolute and Relative Endurance.

- [Http://DxDoiOrg/101080/02701367198210605218](http://DxDoiOrg/101080/02701367198210605218) 2013;53:1–7.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1982.10605218>.
- [39] Ettinger WH, Burns R, Messier SP, Applegate W, Rejeski WJ, Morgan T, et al. A Randomized Trial Comparing Aerobic Exercise and Resistance Exercise With a Health Education Program in Older Adults With Knee Osteoarthritis: The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). *JAMA* 1997;277:25–31. <https://doi.org/10.1001/JAMA.1997.03540250033028>.
 - [40] Skou ST, Roos EM, Simonsen O, Laursen MB, Rathleff MS, Arendt-Nielsen L, Rasmussen S. The efficacy of non-surgical treatment on pain and sensitization in patients with knee osteoarthritis: a pre-defined ancillary analysis from a randomized controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* 2016;24:108–16. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2015.07.013>.
 - [41] Messier SP, Mihalko SL, Beavers DP, Nicklas BJ, Devita P, Carr JJ, et al. Effect of high-intensity strength training on knee pain and knee joint compressive forces among adults with knee osteoarthritis: The START randomized clinical trial. *JAMA - J Am Med Assoc* 2021;325. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.0411>.
 - [42] Bezalel T, Carmeli E, Katz-Leurer M. The effect of a group education programme on pain and function through knowledge acquisition and home-based exercise among patients with knee osteoarthritis: A parallel randomised single-blind clinical trial. *Physiotherapy* 2010;96:137–43. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2009.09.009>.
 - [43] Nelson AE, Allen KD, Golightly YM, Goode AP, Jordan JM. A systematic review of recommendations and guidelines for the management of osteoarthritis: The chronic osteoarthritis management initiative of the U.S. bone and joint initiative. *Semin Arthritis Rheum* 2014;43:701–12. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2013.11.012>.
 - [44] Fransen M, McConnell S, Harmer AR, Esch MV, Simic M, Bennell KL. Exercise for osteoarthritis of the knee: a Cochrane systematic review. *Br J Sports Med* 2015;49:1554–7. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2015-095424>.
 - [45] Ettinger WH. A Randomized Trial Comparing Aerobic Exercise and Resistance Exercise With a Health Education Program in Older Adults With Knee Osteoarthritis. *JAMA* 1997;277:25. <https://doi.org/10.1001/JAMA.1997.03540250033028>.
 - [46] 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. *J Phys Ther Sci* 2019;31:776–9. <https://doi.org/10.1589/JPTS.31.776>.
 - [47] Khanmohammadi R, Talebian S, Hadian MR, Olyaei G, Bagheri H. Preparatory postural adjustments during gait initiation in healthy younger and older adults: Neurophysiological and biomechanical aspects. *Brain Res* 2015;1629:240–9. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.09.039>.
 - [48] Uemura K, Yamada M, Nagai K, Tanaka B, Mori S, Ichihashi N. Fear of falling is associated with prolonged anticipatory postural adjustment during gait initiation under dual-task conditions in older adults. *Gait Posture* 2012;35:282–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.09.100>.

- [49] Semble EL, Loeser RF, Wise CM. Therapeutic exercise for rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Semin Arthritis Rheum* 1990;20:32–40. [https://doi.org/10.1016/0049-0172\(90\)90092-T](https://doi.org/10.1016/0049-0172(90)90092-T).
- [50] Mangione KK, McCully K, Gloviak A, Lefebvre I, Hofmann M, Craik R. The effects of high-intensity and low-intensity cycle ergometry in older adults with knee osteoarthritis. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999;54. <https://doi.org/10.1093/GERONA/54.4.M184>.
- [51] Westby MD. A Health Professional's Guide to Exercise Prescription for People With Arthritis: A Review of Aerobic Fitness Activities 2001. <https://doi.org/10.1002/1529-0131>.
- [52] Ozaki H, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Cycle training induces muscle hypertrophy and strength gain: strategies and mechanisms. *Undefined* 2015;102:1–22. <https://doi.org/10.1556/APHYSIOL.102.2015.1.1>.
- [53] Alnahdi AH, Zeni JA, Snyder-Mackler L. Muscle Impairments in Patients With Knee Osteoarthritis. *Sport Phys Ther* 2012;4:284–92. <https://doi.org/10.1177/1941738112445726>.
- [54] Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13:49–56. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(02\)00085-8](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(02)00085-8).
- [55] Yip YB, Sit JW, Fung KKY, Wong DYS, Chong SYC, Chung LH, Ng TP. Impact of an Arthritis Self-Management Programme with an added exercise component for osteoarthritic knee sufferers on improving pain, functional outcomes, and use of health care services: An experimental study. *Patient Educ Couns* 2007;65:113–21. <https://doi.org/10.1016/J.PEC.2006.06.019>.
- [56] Leslie Schrieber MC. Patient education. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2004;18:465–76. <https://doi.org/10.1016/J.BERH.2004.03.008>.
- [57] Khachian A, Seyedoshohadaei M, Haghani H, Amiri F. Effect of self-management program on outcome of adult knee osteoarthritis. *Int J Orthop Trauma Nurs* 2020;39. <https://doi.org/10.1016/J.IJOTN.2020.100797>.
- [58] Onder G, Penninx BWJH, Ferrucci L, Fried LP, Guralnik JM, Pahor M. Measures of Physical Performance and Risk for Progressive and Catastrophic Disability: Results From the Women's Health and Aging Study. *Journals Gerontol Ser A* 2005;60:74–9. <https://doi.org/10.1093/GERONA/60.1.74>.

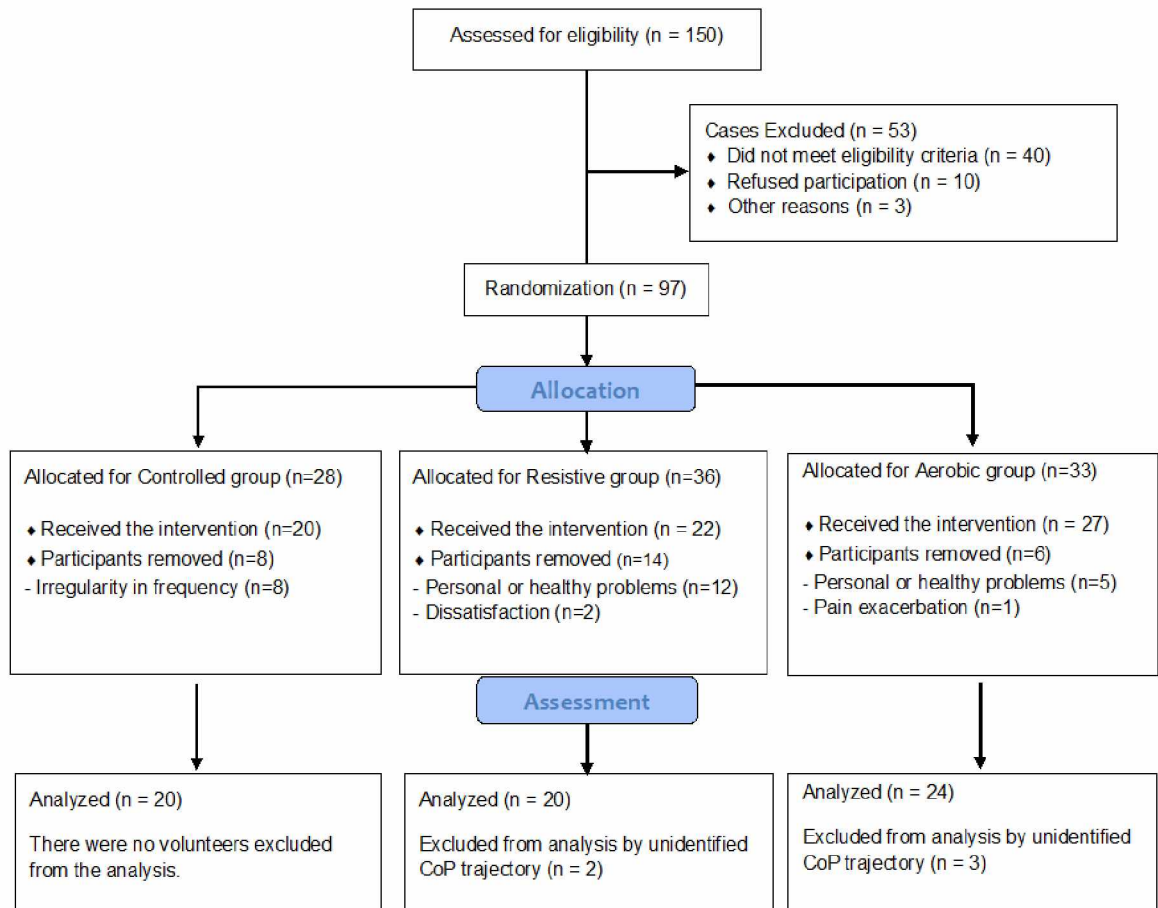


Figure 1. Study flow diagram

Table 1. Characteristics of participants.

Characteristics	Intervention groups			One-way ANOVA	
	Controlled (n = 20)	Resistive (n = 20)	Aerobic (n = 24)	F	p-value
Age (years) – mean (SD)	62.7 (10.03)	64.1 (7.73)	62.20 (7.37)	0.290	0.749
BMI (kg/m ²) – mean (SD)	30.54 (5.43)	30.49 (4.94)	29.22 (4.43)	0.521	0.596
Severity (n)	Mild (6);	Mild (7);	Mild (9);	-	-
	Moderate (11);	Moderate (10);	Moderate (10);		
	Severe (3);	Severe (3);	Severe (5);		
Sex (n)	Female (16);	Female (13);	Female (17);	-	-
	Male (4)	Male (7)	Male (7)		
Uni or Bilateral KOA (n)	Unilateral (2); Bilateral (18)	Unilateral (9); Bilateral (11)	Unilateral (8); Bilateral (16)	-	-
More-affected limb (n)	Left (8); Right (12)	Left (9); Right (11)	Left (14); Right (10)	-	-
Dominancy side	Right-handed (18)	Right-handed (20)	Right-handed (22)	-	-
	Left-handed (0)	Left-handed (0)	Left-handed (2)		
	Ambidextrous (2)	Ambidextrous (0)	Ambidextrous (0)		
Physical activity (n)	Yes (9);	Yes (12);	Yes (11);	-	-
	No (11)	No (8)	No (13)		

Footnote: BMI, body mass index; KOA, Knee osteoarthritis; SD, standard deviation.

Table 2. Comparison of anticipatory postural adjustments during oscillation of less-affected limb before and after intervention.

Variables	Controlled (n = 20)		Wilcoxon test p- value	Resistive (n = 20)		Wilcoxon test p-value	Aerobic (n = 24)		Wilcoxon test p-value
	Before Median (CI)	After Median (CI)		Before Median (CI)	After Median (CI)		Before Median (CI)	After Median (CI)	
APA1 (m)	-0.038 (-0.06 to 0.07)	-0.035 (-0.06 to 0.05)	0.657	-0.043 (-0.06 to 0.07)	-0.05 (-0.06 to 0.09)	0.983	0.033 (-0.03 to 0.13)	0.036 (-0.04 to 0.11)	0.376
APA2a (m)	-0.07 (-0.11 to 0.05)	-0.07 (-0.11 to -0.05)	0.722	-0.095 (-0.13 to -0.07)	-0.095 (-0.11 to -0.06)	0.287	-0.091 (-0.15 to -0.05)	-0.105 (-0.13 to -0.05)	0.948
APA2b (m)	-0.043 (-0.05 to -0.03)	-0.033 (-0.05 to -0.02)	0.262	-0.04 (-0.05 to -0.03)	-0.046 (-0.06 to -0.03)	0.066	-0.031 (-0.04 to -0.01)	-0.04 (-0.04 to -0.02)	0.183
LOC (m)	-0.048 (-0.11 to 0.04)	-0.055 (-0.06 to 0.04)	0.064	-0.048 (-0.08 to 0.07)	-0.073 (-0.09 to 0.07)	0.837	0.041 (-0.05 to 0.08)	0.043 (-0.06 to 0.08)	0.731
APA1x (m)	-0.02 (-0.03 to 0.02)	-0.02 (-0.03 to 0.02)	0.878	-0.026 (-0.03 to 0.01)	-0.023 (-0.03 to 0.03)	0.063	0.013 (-0.02 to 0.03)	0.013 (-0.02 to 0.03)	0.376
APA2ax (m)	-0.056 (-0.07 to -0.04)	-0.045 (-0.06 to -0.04)	0.512	-0.053 (-0.08 to -0.03)	-0.05 (-0.05 to -0.04)	0.420	-0.055 (-0.06 to -0.03)	-0.053 (-0.07 to -0.03)	0.748
APA2bx (m)	-0.05 (-0.06 to -0.03)	-0.036 (-0.06 to -0.03)	0.203	-0.055 (-0.06 to -0.04)	-0.053 (-0.06 to -0.04)	0.537	-0.046 (-0.05 to -0.02)	-0.043 (-0.07 to -0.03)	0.194
LOCx (m)	-0.191 (-0.23 to 0.01)	-0.18 (-0.22 to 0)	0.985	-0.163 (-0.22 to 0)	-0.165 (-0.22 to 0)	0.653	-0.02 (-0.19 to 0.01)	-0.013 (-0.17 to 0.01)	0.338
APA1y (m)	0.006 (-0.05 to 0.08)	0.01 (-0.03 to 0.04)	0.197	0.022 (-0.05 to 0.07)	0.02 (-0.05 to 0.07)	0.662	-0.018 (-0.09 to 0.07)	-0.013 (-0.08 to 0.04)	0.583
APA2ay (m)	0.02 (0.01 to 0.05)	0.017 (0 to 0.05)	0.925	0.048 (0.02 to 0.06)	0.036 (0.02 to 0.06)	0.195	0.03 (0.01 to 0.09)	0.041 (0.01 to 0.07)	0.785
APA2by (m)	0.051 (0 to 0.08)	0.036 (0 to 0.08)	0.601	0.055 (0.01 to 0.08)	0.058 (0.02 to 0.08)	0.489	0.063 (0.01 to 0.11)	0.05 (0.01 to 0.11)	0.369
LOCy (m)	0.005 (-0.06 to 0.02)	0.001 (-0.06 to 0.02)	0.903	-0.035 (-0.06 to 0.02)	-0.026 (-0.08 to 0.02)	0.747	-0.045 (-0.08 to 0.02)	-0.045 (-0.08 to 0)	0.577
dAPA1x (s)	0.058 (0.02 to 0.09)	0.075 (0.02 to 0.28)	0.432	0.036 (0.01 to 0.06)	0.052 (0.02 to 0.07)	0.433	0.065 (0.02 to 0.11)	0.045 (0.01 to 0.27)	0.124
dAPA2ax (s)	0.056 (0.02 to 0.10)	0.048 (0.01 to 0.1)	0.809	0.034 (-0.36 to 0.05)	0.033 (0 to 0.05)	0.732	0.040 (0.01 to 0.08)	0.044 (0.02 to 0.07)	0.235
dAPA2bx (s)	0.122 (0.03 to 0.16)	0.100 (0.04 to 0.15)	0.687	0.045 (-0.72 to 0.11)	0.068 (0.03 to 0.11)	0.955	0.063 (0.02 to 0.12)	0.077 (0.04 to 0.12)	0.190
dLOCx (s)	-8.75 (-11.15 to 0.06)	-7.925 (-10.74 to 0.34)	0.167	-8.106 (-10.08 to 0.03)	-7.6 (-10.57 to 0.28)	0.432	0.015 (-8.83 to 0.33)	0.008 (-8.09 to 0.35)	0.411

dAPA1y (s)	0.054 (0.01 to 0.35)	0.012 (-0.98 to 0.03)	0.038*	0.020 (-0.23 to 0.05)	0.020 (0.01 to 0.05)	0.851	0.022 (-0.57 to 0.07)	0.018 (-0.32 to 0.05)	0.886
dAPA2ay (s)	0.043 (-0.49 to 0.08)	0.013 (-0.90 to 0.03)	0.140	0.030 (-0.21 to 0.06)	0.040 (-0.32 to 0.06)	0.844	0.051 (0 to 0.09)	0.022 (-0.32 to 0.04)	0.109
dAPA2by (s)	0.043 (0 to 2.18)	0.020 (0 to 0.28)	0.629	0.034 (0.01 to 0.05)	0.05 (0.02 to 0.28)	0.295	0.027 (0 to 0.11)	0.022 (-0.32 to 0.05)	0.137
dLOCy (s)	0.096 (0.03 to 2.92)	0.034 (0.01 to 0.06)	0.048*	0.038 (0.02 to 0.06)	0.050 (0.03 to 0.28)	0.881	0.037 (0.01 to 0.08)	0.045 (0.01 to 0.05)	0.308

Footnote: APA, anticipatory postural adjustments; LOC: locomotor phase; d: duration; y: anteroposterior; x: medio-lateral; CI: confidence interval; *: statistical significance.

Table 3. Comparison of groups of the anticipatory postural adjustments between during oscillation of less-affected limb before and after intervention.

Variables	Before			Kruskal -Wallis Test	After			Kruskal- Wallis test	Mann- Whitney <i>U</i> test
	Controlled	Resistive	Aerobic		Controlled	Resistive	Aerobic		
	(n = 20)	(n = 20)	(n = 24)		(n = 20)	(n = 20)	(n = 24)		
	Median (CI)			p-value	Median (CI)			p-value	
APA1 (m)	-0.038 (-0.05 to 0.06)	-0.043 (-0.06 to 0.06)	0.033 (-0.03 to 0.13)	0.114	-0.035 (-0.06 to 0.05)	-0.05 (-0.06 to 0.08)	0.036 (-0.04 to 0.11)	0.248	-
APA2a (m)	-0.07 (-0.11 to -0.05)	-0.095 (-0.11 to -0.06)	-0.091 (-0.15 to -0.05)	0.488	-0.07 (-0.11 to -0.05)	-0.095 (-0.11 to -0.06)	-0.105 (-0.13 to -0.05)	0.407	-
APA2b (m)	-0.043 (-0.05 to -0.03)	-0.04 (-0.05 to -0.03)	-0.031 (-0.04 to -0.02)	0.096	-0.033 (-0.05 to -0.02)	-0.046 (-0.06 to -0.03)	-0.04 (-0.04 to -0.02)	0.105	-
LOC (m)	-0.048 (-0.11 to 0.04)	-0.048 (-0.08 to 0.07)	0.041 (-0.05 to 0.08)	0.204	-0.055 (-0.06 to 0.04)	-0.073 (-0.09 to 0.07)	0.043 (-0.06 to 0.08)	0.348	-
APA1x (m)	-0.02 (-0.03 to 0.02)	-0.026 (-0.03 to 0.01)	0.013 (-0.02 to 0.03)	0.198	-0.02 (-0.03 to 0.02)	-0.023 (-0.03 - 0.03)	0.013 (-0.02 to 0.03)	0.285	-
APA2ax (m)	-0.056 (-0.07 to -0.04)	-0.053 (-0.08 to -0.03)	-0.055 (-0.06 to -0.03)	0.856	-0.045 (-0.06 to -0.04)	-0.05 (-0.05 to -0.04)	-0.053 (-0.07 to -0.03)	0.888	-
APA2bx (m)	-0.05 (-0.06 to -0.03)	-0.055 (-0.06 to -0.04)	-0.046 (-0.05 to -0.02)	0.195	-0.036 (-0.05 to -0.03)	-0.053 (-0.06 to -0.04)	-0.043 (-0.07 to -0.03)	0.237	-

LOCx (m)	-0.191 (-0.23 to 0.01)	-0.163 (-0.21 to 0)	-0.02 (-0.19 to 0.01)	0.710	-0.18 (-0.22 to 0)	-0.165 (-0.22 to 0)	-0.013 (-0.17 to 0.01)	0.136	-
APA1y (m)	0.006 (-0.05 to 0.08)	0.022 (-0.05 to 0.06)	-0.018 (-0.09 to 0.07)	0.455	0.01 (-0.03 to 0.04)	0.02 (-0.04 to 0.07)	-0.013 (-0.08 to 0.04)	0.498	-
APA2ay (m)	0.02 (0.01 to 0.04)	0.048 (0.02 to 0.06)	0.03 (0.01 to 0.09)	0.185	0.017 (0 to 0.05)	0.036 (0.02 to 0.06)	0.041 (0.01 to 0.07)	0.273	-
APA2by (m)	0.051 (0 to 0.08)	0.055 (0.02 to 0.08)	0.063 (0.01 to 0.11)	0.674	0.036 (0 to 0.07)	0.058 (0.02 to 0.08)	0.05 (0.01 to 0.11)	0.406	-
LOCy (m)	0.005 (-0.06 to 0.02)	-0.035 (-0.06 to 0.02)	-0.045 (-0.08 to 0.02)	0.481	0.001 (-0.06 to 0.02)	-0.026 (-0.07 to 0.01)	-0.045 (-0.08 to 0)	0.248	-
dAPA1x (s)	0.058 (0.02 to 0.08)	0.036 (0.01 to 0.06)	0.065 (0.02 to 0.11)	0.172	0.075 (0.02 to 0.23)	0.052 (0.02 to 0.07)	0.045 (0.01 to 0.21)	0.622	-
dAPA2ax (s)	0.056 (0.03 to 0.10)	0.034 (-0.23 to 0.05)	0.040 (0.01 to 0.07)	0.151	0.048 (0.01 to 0.09)	0.033 (0.01 to 0.05)	0.044 (0.02 to 0.07)	0.239	-
dAPA2bx (s)	0.122 (0.04 to 0.15)	0.045 (-0.47 to 0.11)	0.063 (0.02 to 0.12)	0.097	0.100 (0.04 to 0.15)	0.068 (0.03 to 0.11)	0.077 (0.04 to 0.12)	0.374	-
dLOCx (s)	-8.758 (-11.06 to 0.05)	-8.106 (-9.92 to 0.02)	0.015 (-8.75 to 0.33)	0.246	-7.925 (-10.57 to 0.34)	-7.6 (-10.57 to 0.23)	0.008 (-7.93 to 0.35)	0.227	-
dAPA1y (s)	0.054 (0.01 to 0.35)	0.020 (-0.15 to 0.04)	0.022 (-0.49 to 0.06)	0.155	0.012 (-0.98 to 0.03)	0.020 (0.01 to 0.05)	0.018 (-0.32 to 0.04)	0.335	-
dAPA2ay (s)	0.043 (-0.32 to 0.08)	0.030 (-0.13 to 0.06)	0.051 (0 to 0.09)	0.782	0.013 (-0.82 to 0.03)	0.040 (-0.32 to 0.06)	0.022 (-0.32 to 0.04)	0.267	-
dAPA2by (s)	0.043 (0 to 2.01)	0.034 (0.01 to 0.04)	0.027 (0 to 0.11)	0.469	0.020 (0 to 0.21)	0.05 (0.02 to 0.21)	0.022 (-0.32 to 0.05)	0.225	-
dLOCy (s)	0.096 (0.03 to 2.84)	0.038 (0.02 to 0.06)	0.037 (0.01 to 0.07)	0.097	0.034 (0.02 to 0.05)	0.050 (0.03 to 0.21)	0.045 (0.01 to 0.05)	0.568	-

Footnote: APA, anticipatory postural adjustments; LOC, locomotor phase; d: duration; y, anteroposterior; x, medio-lateral; a, Controlled vs Resistive; b, Controlled vs Aerobic; c, Resistive vs Aerobic; CI, confidence interval; *, statistical significance.

Table 4. Comparison of anticipatory postural adjustments during oscillation of more-affected limb before and after intervention.

Variables	Controlled (n = 20)		Wilcoxon test p-value	Resistive (n = 20)		Wilcoxon test p-value	Aerobic (n = 24)		Wilcoxon test p-value
	Before Median (CI)	After Median (CI)		Before Median (CI)	After Median (CI)		Before Median (CI)	After Median (CI)	

APA1 (m)	0.03 (-0.05 to 0.09)	0.018 (-0.04 to 0.07)	0.184	0.051 (-0.05 to 0.11)	0.04 (-0.06 to 0.09)	0.031*	-0.025 (-0.05 to 0.05)	-0.033 (-0.06 to 0.07)	0.557
APA2a (m)	-0.101 (-0.12 to -0.09)	-0.1 (-0.12 to -0.07)	0.420	-0.108 (-0.15 to -0.08)	-0.113 (-0.13 to -0.08)	0.183	-0.078 (-0.10 to -0.05)	-0.095 (-0.12 to -0.06)	0.183
APA2b (m)	-0.036 (-0.04 to -0.03)	-0.038 (-0.06 to -0.02)	0.375	-0.041 (-0.05 to -0.03)	-0.038 (-0.04 to -0.02)	0.716	-0.035 (-0.04 to -0.02)	-0.04 (-0.05 to -0.02)	0.277
LOC (m)	0.046 (-0.07 to 0.10)	0.041 (-0.06 to 0.05)	0.268	0.05 (-0.06 to 0.07)	0.053 (-0.05 to 0.09)	0.343	-0.058 (-0.08 to 0.07)	-0.055 (-0.08 to 0.05)	0.795
APA1x (m)	0.015 (-0.03 to 0.02)	0.011 (-0.01 to 0.03)	0.671	0.015 (-0.03 to 0.03)	0.015 (-0.03 to 0.02)	0.313	-0.02 (-0.03 to 0.01)	-0.02 (-0.03 to 0.02)	0.521
APA2ax (m)	-0.057 (-0.06 to -0.03)	-0.056 (-0.07 to -0.04)	0.378	-0.063 (-0.07 to -0.05)	-0.056 (-0.07 to -0.04)	0.395	-0.055 (-0.06 to -0.03)	-0.058 (-0.07 to -0.03)	0.260
APA2bx (m)	-0.048 (-0.06 to -0.03)	-0.051 (-0.06 to -0.03)	0.778	-0.05 (-0.06 to -0.04)	-0.053 (-0.06 to -0.04)	0.276	-0.035 (-0.05 to -0.03)	-0.046 (-0.05 to -0.03)	0.204
LOCx (m)	-0.043 (-0.19 to 0.03)	-0.021 (-0.19 to 0.01)	0.190	0.003 (-0.19 to 0.02)	-0.021 (-0.16 to 0.01)	0.910	-0.153 (-0.21 to 0)	-0.146 (-0.22 to 0)	0.852
APA1y (m)	-0.011 (-0.07 to 0.06)	0.005 (-0.05 to 0.05)	0.600	-0.03 (-0.08 to 0.07)	-0.01 (-0.07 to 0.04)	0.824	0.022 (-0.04 to 0.09)	0.021 (-0.04 to 0.07)	0.293
APA2ay (m)	0.04 (0.02 to 0.07)	0.036 (0.03 to 0.05)	0.312	0.045 (0.02 to 0.08)	0.061 (0.03 to 0.08)	0.808	0.025 (0.01 to 0.06)	0.033 (0.01 to 0.08)	0.275
APA2by (m)	0.056 (0 to 0.07)	0.036 (0 to 0.05)	0.061	0.06 (0.01 to 0.08)	0.035 (0 to 0.09)	0.545	0.071 (0.02 to 0.09)	0.041 (0 to 0.08)	0.280
LOCy (m)	-0.055 (-0.11 to 0.01)	-0.045 (-0.06 to 0.01)	0.055	-0.06 (-0.09 to 0)	-0.063 (-0.10 to 0.03)	0.736	-0.016 (-0.05 to 0.01)	-0.001 (-0.05 to 0.03)	0.428
dAPA1x (s)	0.065 (0.02 to 0.11)	0.056 (0.02 to 0.07)	0.837	0.054 (0.02 to 0.08)	0.062 (0.02 to 0.08)	0.121	0.048 (0.01 to 0.07)	0.042 (0.01 to 0.07)	0.678
dAPA2ax (s)	0.033 (-0.90 to 0.08)	0.034 (0.01 to 0.06)	0.654	0.038 (0.01 to 0.07)	0.066 (0.02 to 1.68)	0.096	0.056 (0.02 to 0.10)	0.041 (0.01 - 0.07)	0.841
dAPA2bx (s)	0.063 (0.03 to 0.12)	0.093 (0.05 to 0.16)	0.278	0.055 (0.02 to 0.12)	0.076 (0.04 to 0.12)	0.262	0.065 (0.02 to 0.13)	0.093 (0.03 to 0.12)	0.988
dLOCx (s)	0.016 (-9.42 to 0.27)	0.020 (-9.18 to 0.62)	0.896	0.008 (-9.25 to 0.26)	0.009 (-7.26 to 0.34)	0.056	-7.779 (-10.07 to 0.03)	-6.105 (-10.73 to 0.36)	0.594
dAPA1y (s)	0.05 (-0.32 to 0.37)	0.027 (0 to 0.52)	0.887	0.027 (0.01 to 0.05)	0.023 (0.01 to 0.06)	0.370	0.016 (-0.32 to 0.07)	0.056 (-0.32 to 0.09)	0.242
dAPA2ay (s)	0.058 (0.01 - 0.07)	0.028 (-0.31 to 0.05)	0.212	0.043 (0.01 to 0.06)	0.036 (0.01 to 0.06)	0.687	0.038 (-0.57 to 0.08)	0.049 (0.01 to 0.11)	0.303
dAPA2by	0.025	0.006	0.136	0.031	0.045	0.026*	0.031	0.029	0.909

(s)	(-0.44 - 0.09)	(-0.99 to 0.03)		(-0.24 to 0.07)	(0.01 to 0.08)		(-0.23 to 0.27)	(0.01 to 0.28)	
dLOCy	0.041	0.022	0.525	0.037	0.055	0.380	0.038	0.045	0.775
(s)	(0.03 - 2.35)	(0.01 to 0.05)		(0.02 to 0.07)	(0.03 to 1.28)		(0.02 to 0.07)	(0.02 to 0.06)	

Footnote: APA, anticipatory postural adjustments; LOC: locomotor phase; d: duration; y: anteroposterior; x: medio-lateral; CI: confidence interval; *: statistical significance.

Table 5. Comparison of groups of the anticipatory postural adjustments between during oscillation of more-affected limb before and after intervention.

Variables	Before			Kruskal -Wallis Test	After			Kruskal- Wallis Test	Mann- Whitney <i>U</i> test
	Controlled	Resistive	Aerobic		Controlled	Resistive	Aerobic		
	Median (CI)				Median (CI)				
APA1 (m)	0.03 (-0.05 to 0.09)	0.051 (-0.05 to 0.11)	-0.025 (-0.05 to 0.05)	0.520	0.018 (-0.04 to 0.07)	0.04 (-0.06 to 0.09)	-0.033 (-0.06 to 0.06)	0.620	-
APA2a (m)	-0.101 (-0.12 to -0.09)	-0.108 (-0.15 to -0.08)	-0.078 (-0.1 to -0.05)	0.035	-0.1 (-0.12 to -0.08)	-0.113 (-0.13 to -0.08)	-0.095 (-0.12 to -0.06)	0.403	-
APA2b (m)	-0.036 (-0.04 to -0.03)	-0.041 (-0.05 to -0.03)	-0.035 (-0.04 to -0.02)	0.323	-0.038 (-0.05 to -0.02)	-0.038 (-0.04 to -0.02)	-0.04 (-0.05 to -0.02)	0.998	-
LOC (m)	0.046 (-0.06 to 0.10)	0.05 (-0.06 to 0.07)	-0.058 (-0.08 to 0.07)	0.157	0.041 (-0.06 to 0.05)	0.053 (-0.05 to 0.09)	-0.055 (-0.08 to 0.05)	0.113	-
APA1x (m)	0.015 (-0.03 to 0.02)	0.015 (-0.02 to 0.03)	-0.02 (-0.03 to 0.01)	0.211	0.011 (-0.01 to 0.03)	0.015 (-0.03 to 0.02)	-0.02 (-0.03 to 0.02)	0.340	-
APA2ax (m)	-0.057 (-0.06 to -0.03)	-0.063 (-0.07 to -0.05)	-0.055 (-0.06 to -0.03)	0.112	-0.056 (-0.07 to -0.04)	-0.056 (-0.07 to -0.04)	-0.058 (-0.07 to -0.03)	0.929	-
APA2bx (m)	-0.048 (-0.06 to -0.03)	-0.05 (-0.06 to -0.04)	-0.035 (-0.05 to -0.03)	0.060	-0.051 (-0.06 to -0.03)	-0.053 (-0.06 to -0.04)	-0.046 (-0.05 to -0.03)	0.570	-
LOCx (m)	-0.043 (-0.19 to 0.03)	0.003 (-0.19 to 0.02)	-0.153 (-0.21 to 0)	0.141	-0.021 (-0.19 to 0.01)	-0.021 (-0.16 to 0.01)	-0.146 (-0.22 to 0)	0.342	-
APA1y (m)	-0.011 (-0.07 to 0.06)	-0.03 (-0.07 to 0.07)	0.022 (-0.04 to 0.08)	0.598	0.005 (-0.05 to 0.05)	-0.01 (-0.07 to 0.04)	0.021 (-0.04 to 0.07)	0.752	-
APA2ay (m)	0.04 (0.03 to 0.07)	0.045 (0.02 to 0.08)	0.025 (0.01 to 0.05)	0.278	0.036 (0.03 to 0.05)	0.061 (0.03 to 0.08)	0.033 (0.01 to 0.07)	0.289	-

APA2by (m)	0.056 (0 to 0.07)	0.06 (0.02 to 0.08)	0.071 (0.02 to 0.09)	0.652	0.036 (0 to 0.05)	0.035 (0 to 0.09)	0.041 (0.01 to 0.08)	0.564	-
LOCy (m)	-0.055 (-0.11 to 0.01)	-0.06 (-0.09 to 0)	-0.016 (-0.05 to 0.01)	0.395	-0.045 (-0.06 to 0.01)	-0.063 (-0.10 to 0.03)	-0.001 (-0.05 to 0.03)	0.253	-
dAPA1x (s)	0.065 (0.02 to 0.10)	0.054 (0.02 to 0.08)	0.048 (0.01 to 0.07)	0.719	0.056 (0.02 to 0.07)	0.062 (0.02 to 0.08)	0.042 (0.01 to 0.07)	0.523	-
dAPA2ax (s)	0.033 (-0.81 to 0.07)	0.038 (0.01 to 0.06)	0.056 (0.02 to 0.10)	0.289	0.034 (0.01 to 0.06)	0.066 (0.02 to 1.68)	0.041 (0.01 to 0.06)	0.202	-
dAPA2bx (s)	0.063 (0.04 to 0.12)	0.055 (0.02 to 0.11)	0.065 (0.02 to 0.13)	0.675	0.093 (0.05 to 0.15)	0.076 (0.04 to 0.11)	0.093 (0.03 to 0.12)	0.509	-
dLOCx (s)	0.016 (-9.25 to 0.20)	0.008 (-9.25 to 0.18)	-7.779 (-9.91 to 0.03)	0.420	0.020 (-9.09 to 0.58)	0.009 (-7.26 to 0.34)	-6.105 (-10.57 to 0.35)	0.553	-
dAPA1y (s)	0.05 (-0.32 to 0.36)	0.027 (0.01 to 0.05)	0.016 (-0.32 - 0.07)	0.605	0.027 (0 to 0.36)	0.023 (0.01 to 0.05)	0.056 (-0.32 to 0.09)	0.772	-
dAPA2ay (s)	0.058 (0.01 to 0.07)	0.043 (0.01 to 0.06)	0.038 (-0.49 to 0.08)	0.702	0.028 (-0.31 to 0.05)	0.036 (0.01 to 0.06)	0.049 (0.01 to 0.11)	0.494	-
dAPA2by (s)	0.025 (-0.40 to 0.09)	0.031 (-0.15 to 0.07)	0.031 (-0.15 to 0.21)	0.654	0.006 (-0.99 to 0.02)	0.045 (0.01 to 0.08)	0.029 (0.01 to 0.22)	0.012*	a*, b*
dLOCy (s)	0.041 (0.03 to 2.35)	0.037 (0.02 to 0.07)	0.038 (0.02 to 0.07)	0.591	0.022 (0.01 to 0.05)	0.055 (0.03 to 0.89)	0.045 (0.02 to 0.06)	0.163	-

Footnote: APA, anticipatory postural adjustments; LOC, locomotor phase; d: duration; y, anteroposterior; x, medio-lateral; a, Controlled vs Resistive; b, Controlled vs Aerobic; c, Resistive vs Aerobic; CI, confidence interval; *, statistical significance.

MATERIAL SUPPLEMENTAR

Table 1s. Comparison of strength, pain, and physical function before and after intervention.

Variables	Controlled (n = 20)		Wilcoxon test p-value	Resistive (n = 20)		Wilcoxon test p-value	Aerobic (n = 24)		Wilcoxon test p-value
	Before Median (CI)	After Median (CI)		Before Median (CI)	After Median (CI)		Before Median (CI)	After Median (CI)	
ABD_ma (Kgf)	7 (4.82 to 11.32)	8.25 (6.02 to 12.17)	0.276	7.75 (4.55 to 11.37)	11.45 (8.7 to 14.67)	0.000*	7.7 (4.82 to 10.47)	9 (6.3 to 13.7)	0.002*
ABD_la (Kgf)	7.6 (5.62 to 11.95)	8.85 (5.97 to 11.65)	0.793	6.5 (4.85 to 10.5)	11.2 (8.22 to 13.57)	0.003*	8 (5.07 to 10.07)	9.15 (5.77 to 11.95)	0.166
QF_ma (Kgf)	18.35 (11.25 to 22.3)	16.95 (13.5 to 20.15)	0.206	17.85 (14.35 to 23.67)	21.2 (17.07 to 28.2)	0.001*	18.7 (12.2 to 22.2)	19.45 (16.2 to 25.45)	0.121
QF_la (Kgf)	18.55 (15 to 26.87)	18.95 (14.6 to 22.65)	0.397	21.8 (16.22 to 29.15)	23.25 (19.02 to 33.85)	0.000*	22.15 (13.75 to 28.25)	20.65 (14.1 to 26.25)	0.194
TA_ma (Kgf)	8.05 (7.22 to 14.72)	13 (9.1 to 17.02)	0.493	8.75 (5.15 to 16.97)	17.55 (13.9 to 21.55)	0.027*	10.9 (8.72 to 19.65)	14.85 (10.5 to 20.05)	0.042*
TA_la (Kgf)	9.95 (6.3 to 16.25)	13.15 (8.8 to 15.9)	0.153	11.5 (5.92 to 15.42)	17.75 (10.37 to 24.92)	0.000*	12.85 (8 to 17.6)	16.9 (10.92 to 19.5)	0.008*
NPS	6.5 (4 to 8)	6 (4.25 to 7)	0.719	6 (4 to 8)	2 (0 to 4)	0.000*	6 (4 to 8)	4 (2 to 6)	0.000*
WOMAC PAIN	11 (6.75 to 13.75)	9 (8 to 11.75)	0.024*	10.5 (5 to 12)	5 (2 to 8.75)	0.000*	10 (7.25 to 13)	6 (3.25 to 9)	0.000*
WOMAC FUNCTION	41 (31 to 45)	30 (22 to 36.75)	0.005*	35 (21.25 to 42.5)	24.5 (8.5 to 30.5)	0.000*	34.5 (21.75 to 52.25)	25.5 (13 to 37.25)	0.001*
WOMAC STIFFNESS	6 (4 to 7)	3 (3 to 4)	0.005*	3 (2 to 4.75)	3 (1.25 to 4)	0.548	5 (2.25 to 6)	2 (1 to 4.75)	0.010*
WOMAC TOTAL	55.5 (46.5 to 65.25)	42.5 (32 to 52.25)	0.002*	50 (30.5 to 58.5)	32 (14.75 to 41)	0.000*	47 (31.75 to 71)	34 (17.25 to 52.75)	0.001*

Footnote: ABD, abductors; QF, quadriceps femoris; TA, tibialis anterior; ma: more-affected limb; la: less-affected limb; NPS, Numerical Pain Scale; WOMAC, McMaster

Universities Osteoarthritis Index; CI: confidence interval; *, statistical significance.

Table 2s. Comparison between groups of muscle strength, pain and physical function before and after intervention.

Variables	Before			Kruskal -Wallis test	After			Kruskal -Wallis test	Mann- Whitney <i>U</i> test
	Controlled (n = 20)	Resistive (n = 20)	Aerobic (n = 24)		Controlled (n = 20)	Resistive (n = 20)	Aerobic (n = 24)		
	Median (CI)	Median (CI)	Median (CI)	p-value	Median (CI)	Median (CI)	Median (CI)	p-value	
ABD_ma (Kgf)	7 (4.95 to 11.15)	7.75 (4.7 to 11.25)	7.7 (4.85 to 10.35)	0.983	8.25 (6.15 to 11.95)	11.45 (8.95 to 14.55)	9 (6.3 to 13.55)	0.146	-
ABD_la (Kgf)	7.6 (5.65 to 11.9)	6.5 (4.9 to 10.4)	8 (5.15 to 9.95)	0.758	8.85 (6.05 to 11.6)	11.2 (8.35 to 13.55)	9.15 (5.85 to 11.9)	0.196	-
QF_ma (Kgf)	18.35 (11.7 to 21.9)	17.85 (14.4 to 23.05)	18.7 (12.4 to 22)	0.885	16.95 (13.6 to 19.6)	21.2 (17.75 to 27.5)	19.45 (16.3 to 25.1)	0.118	-
QF_la (Kgf)	18.55 (15.7 to 26.55)	21.8 (16.95 to 28.1)	22.15 (14.4 to 28.2)	0.823	18.95 (14.8 to 22.6)	23.25 (19.05 to 33.5)	20.65 (14.8 to 26.1)	0.255	-
TA_ma (Kgf)	8.05 (7.25 to 14.35)	8.75 (5.3 to 16.55)	10.9 (8.85 to 19.2)	0.343	13 (9.9 to 16.95)	17.55 (14.4 to 21.2)	14.85 (10.7 to 20)	0.088	-
TA_la (Kgf)	9.95 (6.4 to 15.8)	11.5 (6.15 to 15.25)	12.85 (8.4 to 17.5)	0.556	13.15 (9 to 15.9)	17.75 (11.05 to 24.65)	16.9 (10.95 to 19.5)	0.072	-
NPS	6.5 (4 to 8)	6 (4 to 8)	6 (4 to 8)	0.897	6 (4.5 to 7)	2 (0 to 4)	4 (2 to 6)	0.000*	a*, b*, c*
WOMAC PAIN	11 (7.5 to 13.5)	10.5 (6 to 12)	10 (7.5 to 13)	0.591	9 (8 to 11.5)	5 (2 to 8.5)	6 (3.5 to 9)	0.006*	a*
WOMAC FUNCTION	41 (31 to 45)	35 (21.5 to 42)	34.5 (22.5 to 50.5)	0.464	30 (24 to 36.5)	24.5 (9 to 30)	25.5 (14 to 36.5)	0.048*	a*
WOMAC STIFFNESS	6 (4 to 7)	3 (2 to 4.5)	5 (2.5 to 6)	0.023*	3 (3 to 4)	3 (1.5 to 4)	2 (1 to 4.5)	0.318	a*
WOMAC TOTAL	55.5 (47 to 64.5)	50 (31 to 58)	47 (33.5 to 69)	0.360	42.5 (34 to 51.5)	32 (15.5 to 41)	34 (17.5 to 51.5)	0.033*	a*

Footnote: ABD, abductors; QF, quadriceps femoris; TA, tibialis anterior; ma: more-affected limb; la: less-affected limb; NPS, Numerical Pain Scale; WOMAC, McMaster

Universities Osteoarthritis Index; a, Controlled vs Resistive; b, Controlled vs Aerobic; c, Resistive vs Aerobic; CI: confidence interval; *, statistical significance.

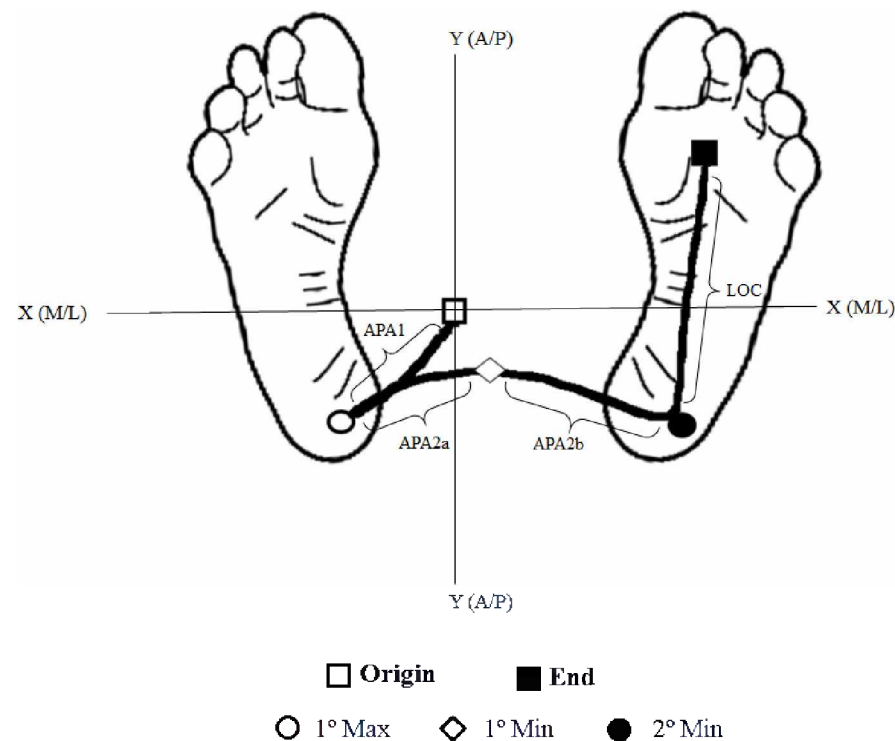


Figure 1s. Center of pressure (CoP) displacement divisions during gait initiation (GI). This example shows the left leg swinging forward and the right leg in support. The rectangles represent the origin and end of the GI. The APA1 is the CoP displacement from origin to first maximum (white circle), defined as the maximum posterior position towards the oscillating limb. The APA2a is the CoP displacement from the first maximum to the first minimum (diamond), defined as the minimum anterior position during the displacement of a swinging limb to the supporting limb. The APA2b is the CoP displacement from the first minimum to the second minimum (black circle), defined as the minimum posterior position during the displacement towards the supporting limb. Finally, the locomotor phase (LOC) is the CoP displacement from the second minimum to the end of GI on the supporting limb.



Figure 2s. Quadiceps resistive exercise in extender chair (A), Abductors resistive exercise with free weights (B), and Tibialis anterior resistive exercise with elastic load bands (C).

REFERÊNCIAS

- ACCETTURA, A. J. *et al.* Knee Extensor Power Relates to Mobility Performance in People With Knee Osteoarthritis: Cross-Sectional Analysis. **Physical Therapy**. [S.l.], v. 95, n. 7, p. 989–995, 1 jul. 2015. DOI: 10.2522/PTJ.20140360. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4498146/>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- ALNAHDI, A. H.; ZENI, J. A.; SNYDER-MACKLER, L. Muscle Impairments in Patients With Knee Osteoarthritis. **Sports Physical Therapy**. [S.l.], v. 4, n. 4, p. 284–292, 19 jun. 2012. DOI: 10.1177/1941738112445726. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1941738112445726?journalCode=spha>. Acesso em: 24 out. 2021.
- AMIN, S. *et al.* Quadriceps Strength and the Risk of Cartilage Loss and Symptom Progression in Knee Osteoarthritis. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 60, n. 1, p. 189–198, jan. 2009. DOI: 10.1002/ART.24182. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3653642/>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- ANDERSON, T.; KEARNEY, J. T. Effects of Three Resistance Training Programs on Muscular Strength And Absolute and Relative Endurance. **Res Q Exerc Sport**. [S.l.], v. 53, n. 1, p. 1–7, 2013. DOI: 10.1080/02701367.1982.10605218. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02701367.1982.10605218>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- BAERT, I. A. C. *et al.* Gait characteristics and lower limb muscle strength in women with early and established knee osteoarthritis. **Clinical biomechanics (Bristol, Avon)**. [S.l.], v. 28, n. 1, p. 40–47, jan. 2013. DOI: 10.1016/J.CLINBIOMECH.2012.10.007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23159192/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- BAUBY, C. E.; KUO, A. D. Active control of lateral balance in human walking. **Journal of biomechanics**. [S.l.], v. 33, n. 11, p. 1433–1440, 1 nov. 2000. DOI: 10.1016/S0021-9290(00)00101-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10940402/>. Acesso em: 6 fev. 2022.
- BELLAMY, N.; BUCHANAN, W. W. Estudo de validação do WOMAC: um instrumento de estado de saúde para medir os resultados relevantes do paciente clinicamente importantes para a terapia medicamentosa antirreumática em pacientes com osteoartrite do quadril ou joelho – PubMed. **J Reumatol**. [S.l.], v. 15, n.12, p. 1833–1840, dez. 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3068365/>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- BENNEL, K. L. *et al.* Hip strengthening reduces symptoms but not knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomised controlled trial. **Osteoarthritis and Cartilage**. [S.l.], v. 18, n.5, p. 621–628, 2010. DOI: 10.1016/j.joca.2010.01.010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20175973/>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- BENNEL, K. L. *et al.* Update on the role of muscle in the genesis and management of knee osteoarthritis. **Rheumatic diseases clinics of North America**. [S.l.], v. 39, n. 1, p. 145–176, fev. 2013. DOI: 10.1016/J.RDC.2012.11.003. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23312414/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

BLIDDAL, H.; LEEDS, A. R.; CHRISTENSEN, R. Osteoarthritis, obesity and weight loss: evidence, hypotheses and horizons - a scoping review. **Obesity Reviews**. [S.l.], v. 15, n. 7, p. 578-586, apr. 2014. DOI: 10.1111/obr.12173. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24751192/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

BOSOMWORTH, N. J. Exercise and knee osteoarthritis: benefit or hazard?. **Canadian family physician Medecin de famille canadien**. [S.l.], v. 55, n. 9, p. 871-878, set. 2009. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19752252>. Acesso em: 22 jan. 2018.

BOUISSET, S.; DO, M. C. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. **Neurophysiologie clinique = Clinical neurophysiology**. [S.l.], v. 38, n. 6, p. 345-362, dez. 2008. DOI: 10.1016/J.NEUCLI.2008.10.001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19026956/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

BRANDT, K. D. *et al.* Yet more evidence that osteoarthritis is not a cartilage disease. **Annals of the rheumatic diseases**. [S.l.], v. 65, n. 10, p. 1261-1264, out. 2006. DOI: 10.1136/ARD.2006.058347. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16973787/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

BRENIÈRE, Y.; CUONG DO, M.; BOUISSET, S. Are dynamic phenomena prior to stepping essential to walking?. **Journal of motor behavior**. [S.l.], v. 19, n. 1, p. 62-76, mar. 1987. DOI: 10.1080/00222895.1987.10735400. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23944913>. Acesso em: 4 jul. 2019.

BRICCA, A. *et al.* Impact of exercise on articular cartilage in people at risk of, or with established, knee osteoarthritis: a systematic review of randomised controlled trials. **British journal of sports medicine**. [S.l.], v. 53, n. 15, p. 940-947, 1 ago. 2019. DOI: 10.1136/BJSPORTS-2017-098661. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29934429/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

BROSSEAU, L. *et al.* The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part three: aerobic exercise programs. **Clinical rehabilitation**. [S.l.], v. 31, n. 5, p. 612-624, 1 maio 2017a. DOI: 10.1177/0269215517691085. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28183194/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BROSSEAU, L. *et al.* The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part two: Strengthening exercise programs. **Clinical Rehabilitation**. [S.l.], v. 31, n. 5, p. 596-611, 1 maio 2017b. DOI: 10.1177/0269215517691084. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0269215517691084>. Acesso em: 21 mar. 2022.

BRUYERE, O. *et al.* Radiologic features poorly predict clinical outcomes in knee osteoarthritis. **Scandinavian journal of rheumatology**. [S.l.], v. 31, n. 1, p. 13-16, 2002. DOI: 10.1080/030097402317255309. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11922194/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

BUSIJA, L. *et al.* Osteoarthritis. **Best Practice and Research Clinical Rheumatology**. [S.l.], v. 24, n. 6, p. 757-768, dec 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21665124/>. Acesso em: 20 out. 2021.

CADERBY, T. *et al.* Effects of changing body weight distribution on mediolateral stability control during gait initiation. **Frontiers in Human Neuroscience**. [S.l.], v. 11, n. 27, p. 1-11, mar. 2017. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00127. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28396629/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

CAPODAGLIO, P. *et al.* Balance Control and Balance Recovery in Obesity. **Current Obesity Reports**. [S.l.], v. 1, n. 3, p. 166–173, jun 2012. DOI: 10.1007/s13679-012-0018-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13679-012-0018-7>. Acesso em: 15 mar. 2022.

CAU, N. *et al.* Center of pressure displacements during gait initiation in individuals with obesity. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. [S.l.], v. 11, n. 1, p. 1–8, 7 maio 2014. DOI: 10.1186/1743-0003-11-82/TABLES/2. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-82>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CHANG, H. A.; KREBS, D. E. Dynamic balance control in elders: gait initiation assessment as a screening tool. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. [S.l.], v. 80, n. 5, p. 490–494, 1999. DOI: 10.1016/S0003-9993(99)90187-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10326909/>. Acesso em: 19 out. 2021.

CHIARI, L.; ROCCHI, L.; CAPPELLO, A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. **Clinical biomechanics (Bristol, Avon)**. [S.l.], v. 17, n. 9–10, p. 666–677, nov. 2002. DOI: 10.1016/S0268-0033(02)00107-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12446163/>. Acesso em: 2 fev. 2022.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. *et al.* American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and science in sports and exercise**. [S.l.], v. 30, n. 6, p. 992–1008, jun. 1998. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19516148/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

CHU, S. F. *et al.* Relative efficacy of weight management, exercise, and combined treatment for muscle mass and physical sarcopenia indices in adults with overweight or obesity and osteoarthritis: a network meta-analysis of randomized controlled trials. **Nutrients** 2021. [S.l.], v. 13, n. 6, p. 1992, 10 jun. 2021. DOI: 10.3390/NU13061992. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/6/1992/htm>. Acesso em: 24 out. 2021.

CORBEIL, P. *et al.* Increased risk for falling associated with obesity: mathematical modeling of postural control. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**. [S.l.], v. 9, n. 2, p. 126–136, 2001. DOI: 10.1109/7333.928572. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11474965/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

COSTA, R. A. *et al.* Isokinetic assessment of the hip muscles in patients with osteoarthritis of the knee. **Clinics**. [S.l.], v. 65, n. 12, p. 1253–1259, 2010. DOI: 10.1590/S1807-59322010001200006. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/clin/a/7sw53NqgYSFHtSLvQ4rf8K/?lang=en>. Acesso em: 24 out. 2021.

COURTNEY-LONG, E. A. *et al.* Prevalence of Disability and Disability Type Among Adults--United States, 2013. **Morbidity and mortality weekly report**. [S.l.], v. 64, n. 29, p. 777–782, 31 jul. 2015. DOI: 10.15585/MMWR.MM6429A2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26225475/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

CREAMER, P.; LETHBRIDGE-CEJKU, M.; HOCHBERG, M. C. Factors associated with functional impairment in symptomatic knee osteoarthritis. **Rheumatology**, Oxford, v. 39, n. 5, p. 490–496, 2000. DOI: 10.1093/RHEUMATOLOGY/39.5.490. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10852978/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

CRENNA, P.; FRIGO, F. A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. **The Journal of physiology**. [S.l.], v. 437, n. 1, p. 635–653, 1 jun. 1991. DOI: 10.1113/JPHYSIOL.1991.SP018616. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1890653/>. Acesso em: 19 out. 2021.

CROSS, M. *et al.* The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the global burden of disease 2010 study. **Annals of the rheumatic diseases**. [S.l.], v. 73, n. 7, p. 1323–1330, 2014. DOI: 10.1136/ANNRHEUMDIS-2013-204763. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24553908/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

CUNNINGTON, R. *et al.* The preparation and readiness for voluntary movement: A high-field event-related fMRI study of the Bereitschafts-BOLD response. **NeuroImage**. [S.l.], v. 20, n. 1, p. 404–412, 1 set. 2003. DOI: 10.1016/S1053-8119(03)00291-X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105381190300291X>. Acesso em: 17 fev. 2022.

DAOUD, A. I. *et al.* Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. **Medicine and science in sports and exercise**. [S.l.], v. 44, n. 7, p. 1325–1334, jul. 2012. DOI: 10.1249/MSS.0B013E3182465115. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22217561/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

DELAFONTAINE, A. *et al.* Acute effects of whole-body vibration on the postural organization of gait initiation in young adults and elderly: a randomized sham intervention study. **Frontiers in Neurology**. [S.l.], v. 10, n. 1023, p. 1-12, set. 2019. DOI: 10.3389/FNEUR.2019.01023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3466974/>. Acesso em: 12 fev. 2022.

DIEPPE, P. A. Relationship between symptoms and structural change in osteoarthritis: what are the important targets for therapy?. **The Journal of rheumatology**. [S.l.], v. 32, n. 6, p. 1147–1149, jun. 2005. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15977351>. Acesso em: 22 jan. 2018.

DIEPPE, P. A.; LOHMANDER, L. S. Pathogenesis and management of pain in osteoarthritis. **Lancet**, Londres, v. 365, n. 9463, p. 965–973, 12 mar. 2005. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)71086-2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15766999/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

DOBSON, F. *et al.* OARSI recommended performance-based tests to assess physical function in people diagnosed with hip or knee osteoarthritis. **Osteoarthritis and Cartilage**. [S.l.], v. 21, n. 8, p. 1042–1052, 1 ago. 2013. DOI: 10.1016/J.JOCA.2013.05.002. Disponível em:

<http://www.oarsijournal.com/article/S1063458413007905/fulltext>. Acesso em: 18 fev. 2022.

DUTIL, M. *et al.* The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. **Age**, Dordrecht, v. 35, n. 3, p. 883–890, jun. 2013. DOI: 10.1007/s11357-012-9386-x. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22318311>. Acesso em: 6 jul. 2019.

ELBLE, R. J. *et al.* The initiation of normal walking. **Movement Disorders**. [S.l.], v. 9, n. 2, p. 139–146, 1 jan. 1994. DOI: 10.1002/MDS.870090203. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mds.870090203>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ETTINGER JR, W. H. *et al.* A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). **JAMA**. [S.l.], v. 277, n. 1, p. 25–31, Jan, 1997. DOI: 10.1001/jama.1997.03540250033028. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8980206/>. Acesso em: 31 ago. 2021.

EVERS, A. W. M. *et al.* Pain coping and social support as predictors of long-term functional disability and pain in early rheumatoid arthritis. **Behaviour research and therapy**. [S.l.], v. 41, n. 11, p. 1295–1310, 1 nov. 2003. DOI: 10.1016/S0005-7967(03)00036-6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14527529/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FARINELLI, V. *et al.* A novel viewpoint on the anticipatory postural adjustments during gait initiation. **Frontiers in Human Neuroscience**. [S.l.], v. 15, n. 709780, p. 1–9, 11 out. 2021. DOI: 10.3389/FNHUM.2021.709780/. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34707487/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FELSON, D. T. *et al.* Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. **Annals of internal medicine**. [S.l.], v. 133, n. 8, p. 635–646, 17 out. 2000. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11033593>. Acesso em: 22 jan. 2018.

FELSON, D. T. The sources of pain in knee osteoarthritis. **Current opinion in rheumatology**. [S.l.], v. 17, n. 5, p. 624–628, set. 2005. DOI: 10.1097/01.BOR.0000172800.49120.97. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16093843/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

FERNANDES, M. I. **Tradução e validação do questionário de qualidade de vida específico para osteoartrose WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) para a língua portuguesa**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/19401>. Acesso em: 28 dez. 2017.

FINAN, P. H. *et al.* Discordance between pain and radiographic severity in knee osteoarthritis: findings from quantitative sensory testing of central sensitization. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 65, n. 2, p. 363–372, fev. 2013. DOI: 10.1002/ART.34646. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22961435/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

FINK, B. *et al.* Morphologic changes in the vastus medialis muscle in patients with osteoarthritis of the knee. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 56, n. 11, p. 3626–3633, nov. 2007. DOI: 10.1002/ART.22960. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17968889/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

FOLEY, S. J. *et al.* Falls risk is associated with pain and dysfunction but not radiographic osteoarthritis in older adults: tasmanian older adult cohort study. **Osteoarthritis and Cartilage**. [S.l.], v. 14, n. 6, p. 533–539, 1 jun. 2006. DOI: 10.1016/J.JOCA.2005.12.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1063458405003687>. Acesso em: 19 fev. 2022.

FRANSEN, M.; CROSBIE, J.; EDMONDS, J. Isometric muscle force measurement for clinicians treating patients with osteoarthritis of the knee. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 49, n. 1, p. 29–35, 15 fev. 2003. DOI: 10.1002/ART.10923. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12579591/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FRANSEN, M. *et al.* Exercise for osteoarthritis of the knee. **Cochrane Database of Systematic Reviews**. [S.l.], 9 jan. 2015a. DOI: 10.1002/14651858.CD004376.pub3. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD004376.pub3>. Acesso em: 22 jan. 2018.

FRANSEN, M. *et al.* Exercise for osteoarthritis of the knee: a cochrane systematic review. **British journal of sports medicine**. [S.l.], v. 49, n. 24, p. 1554–1557, 1 dez. 2015b. DOI: 10.1136/BJSPORTS-2015-095424. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26405113/>. Acesso em: 24 out. 2021.

GARD, S. A.; CHILDRESS, D. S. The influence of stance-phase knee flexion on the vertical displacement of the trunk during normal walking. **Archives of physical medicine and rehabilitation**. [S.l.], v. 80, n. 1, p. 26–32, 1999. DOI: 10.1016/S0003-9993(99)90303-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9915368/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

GEENEN, R. *et al.* EULAR recommendations for the health professional's approach to pain management in inflammatory arthritis and osteoarthritis. **Annals of the rheumatic diseases**. [S.l.], v. 77, n. 6, p. 797–807, 1 jun. 2018. DOI: 10.1136/ANNRHEUMDIS-2017-212662. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29724726/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

GHAZWAN, A. *et al.* Knee osteoarthritis alters peri-articular knee muscle strategies during gait. **PLoS ONE**. [S.l.], v. 17, n. 1, 1 jan. 2022. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0262798. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38775536/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

GOH, S. L. *et al.* Relative efficacy of different exercises for pain, function, performance and quality of life in knee and hip osteoarthritis: systematic review and network meta-analysis. **Sports medicine**, Auckland, v. 49, n. 5, p. 743–761, 1 maio 2019. DOI: 10.1007/S40279-019-01082-0. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30830561/>. Acesso em: 20 out. 2021.

GOLDBERG, M. C. **Practical Guide to Clinical Medicine: A comprehensive physical examination and clinical education site for medical students and other health care professionals**. UCSD School of Medicine and VA Medical Center, San Diego, 2020. Disponível em: <https://meded.ucsd.edu/clinicalmed/joints.html>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GUCCIONE, A. A.; FELSON, D. T.; ANDERSON, J. J. Defining arthritis and measuring functional status in elders: methodological issues in the study of disease and physical disability. **American Journal of Public Health**. [S.l.], v. 80, n. 8, p. 945–949, 7 out. 2011.

DOI: 10.2105/AJPH.80.8.945. Disponível em:
<https://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/AJPH.80.8.945>. Acesso em: 16 mar. 2022.

GWILYM, S. E. *et al.* Psychophysical and functional imaging evidence supporting the presence of central sensitization in a cohort of osteoarthritis patients. **Arthritis & Rheumatism**. [S.l.], v. 61, n. 9, p. 1226–1234, 15 set. 2009. DOI: 10.1002/art.24837. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19714588>. Acesso em: 23 jan. 2018.

HANNAN, M.; FELSON, D.; PINCUS, T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. **J Rheumatol**. [S.l.], v. 27, n. 6, p. 1513–1517, jun. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10852280/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

HARRIS, R. *et al.* The association between severity of radiographic knee OA and recurrent falls in middle aged and older adults: the osteoarthritis initiative. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, Oxford, 20 fev. 2022. DOI: 10.1093/GERONA/GLAC050. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35184161/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

HARRO, C. C.; GARASCIA, C. Reliability and validity of computerized force platform measures of balance function in healthy older adults. **Journal of geriatric physical therapy (2001)**. [S.l.], v. 42, n. 3, p. E57–E66, 1 jul. 2019. DOI: 10.1519/JPT.0000000000000175. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29324510/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

HASSAN, B. S. *et al.* Effect of pain reduction on postural sway, proprioception, and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis. **Annals of the Rheumatic Diseases**. [S.l.], v. 61, n. 5, p. 422–428, 2002. DOI: 10.1136/ARD.61.5.422. Disponível em: </pmc/articles/PMC1754088/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

HASSAN, B. S.; MOCKETT, S.; DOHERTY, M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. **Ann Rheum Dis**. [S.l.], v. 60, n. 6, p. 612–618, Jun 2001. DOI: 10.1136/ard.60.6.612. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11350851/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

HAWKER, G. A. *et al.* Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). **Arthritis Care and Research**. [S.l.], v. 63, n. 11, p. S240–S252, 1 nov. 2011. DOI: 10.1002/acr.20543. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/acr.20543>. Acesso em: 11 out. 2020.

HEIDEN, T. L.; LLOYD, D. G.; ACKLAND, T. R. Knee joint kinematics, kinetics and muscle co-contraction in knee osteoarthritis patient gait. **Clinical biomechanics**, Bristol, v. 24, n. 10, p. 833–841, dez. 2009. DOI: 10.1016/J.CLINBIOMECH.2009.08.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19765867/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

HENRIKSEN, M. *et al.* Gait changes in patients with knee osteoarthritis are replicated by experimental knee pain. **Arthritis Care & Research**. [S.l.], v. 62, n. 4, p. 501–509, 1 abr.

2010. DOI: 10.1002/ACR.20033. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/acr.20033>. Acesso em: 20 out. 2021.

HENRIKSEN, M. *et al.* Experimental knee pain reduces muscle strength. **The journal of pain**. [S.l.], v. 12, n. 4, p. 460–467, abr. 2011. DOI: 10.1016/J.JPAIN.2010.10.004.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21146464/>. Acesso em: 8 dez. 2021.

HERMAN, R. *et al.* Control of postural reactions in man: the initiation of gait. **Control of Posture and Locomotion**, New York, v. 7, p. 363–388, 1973. DOI: 10.1007/978-1-4613-4547-3_28. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-4547-3_28. Acesso em: 10 fev. 2022.

HERNANDEZ, H. J. *et al.* Progressive resistance exercise with eccentric loading for the management of knee osteoarthritis. **Frontiers in medicine**. [S.l.], v. 2, n. 45, p. 1–11, july 2015. DOI: 10.3389/FMED.2015.00045. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26217665/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

HINMAN, R. S. *et al.* Hip muscle weakness in individuals with medial knee osteoarthritis. **Arthritis Care and Research**. [S.l.], v. 62, n. 8, p. 1190–1193, ago. 2010. DOI: 10.1002/ACR.20199. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/acr.20199>. Acesso em: 20 fev. 2022.

HIRATA, R. P. *et al.* Altered visual and feet proprioceptive feedbacks during quiet standing increase postural sway in patients with severe knee osteoarthritis. **PLoS ONE**. [S.l.], v. 8, n. 8, p. 1–8, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0071253. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071253>. Acesso em: 20 fev. 2022.

HOHEISEL, U. *et al.* Appearance of new receptive fields in rat dorsal horn neurons following noxious stimulation of skeletal muscle: a model for referral of muscle pain?. **Neuroscience letters**. [S.l.], v. 153, n. 1, p. 9–12, 16 abr. 1993. DOI: 10.1016/0304-3940(93)90064-R.

Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8510831>. Acesso em: 23 jan. 2018.

HONEINE, J. L. *et al.* The neuro-mechanical processes that underlie goal-directed medio-lateral APA during gait initiation. **Frontiers in Human Neuroscience**. [S.l.], v. 10, n. 445, p. 1–17, aug 2016. DOI: 10.3389/fnhum.2016.00445. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27642280/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

HOOTMAN, J. M. *et al.* Physical activity levels among the general US adult population and in adults with and without arthritis. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 49, n. 1, p. 129–135, 15 fev. 2003. DOI: 10.1002/ART.10911. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12579604/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

HOTEIT, F. *et al.* Scoping review of pain and patient characteristics and physical function associated with intermittent and constant pain in people with knee osteoarthritis.

Physiotherapy Canada. Canada, v. 73, n. 2, p. 118–128, 2021. DOI: 10.3138/PTC-2019-0049. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34456421/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

HSU, H.; SIWIEC, R. M. **Knee osteoarthritis**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29939661/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

- HUBLEY-KOZEY, C. L. *et al.* Neuromuscular alterations during walking in persons with moderate knee osteoarthritis. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**. [S.l.], v. 16, n. 4, p. 365–378, ago. 2006. DOI: 10.1016/J.JELEKIN.2005.07.014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16213159/>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- HUE, O. *et al.* Body weight is a strong predictor of postural stability. **Gait & posture**. [S.l.], v. 26, n. 1, p. 32–38, jun. 2007. DOI: 10.1016/J.GAITPOST.2006.07.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16931018/>. Acesso em: 8 fev. 2022.
- HUNTER, D. J.; BIERMA-ZEINSTRAS, S. Osteoarthritis. **Lancet**, London, v. 393, n. 10182, p. 1745–1759, 27 abr. 2019. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30417-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31034380/>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- HUNTER, D. J.; MCDOUGALL, J. J.; KEEFE, F. J. The symptoms of osteoarthritis and the genesis of pain. **Rheumatic Disease Clinics of North America**. [S.l.], v. 34, n. 3, p. 623–643, ago. 2008. DOI: 10.1016/j.rdc.2008.05.004. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18687276>. Acesso em: 23 jan. 2018.
- HURLEY, M. V.; MITCHELL, H. L.; WALSH, N. In osteoarthritis, the psychosocial benefits of exercise are as important as physiological improvements. **Exercise and sport sciences reviews**. [S.l.], v. 31, n. 3, p. 138–143, 2003. DOI: 10.1097/00003677-200307000-00007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12882480/>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- HURWITZ, D. E. *et al.* The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain. **Journal of Orthopaedic Research**. [S.l.], 2002. DOI: 10.1016/S0736-0266(01)00081-X. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11853076/>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- IKEDA, S.; TSUMURA, H.; TORISU, T. Age-related quadriceps-dominant muscle atrophy and incident radiographic knee osteoarthritis. **Journal of Orthopaedic Science**. [S.l.], v. 10, n. 2, p. 121–126, 1 mar. 2005. DOI: 10.1007/S00776-004-0876-2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15815857/>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- IKUTOMO, H. *et al.* Incidence and risk factors for falls in women with end-stage hip osteoarthritis. **Journal of geriatric physical therapy**. [S.l.], v. 42, n.3, p.161-166, Jan, 2018. DOI: 10.1519/JPT.000000000000156. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29351126>. Acesso em: 7 jul. 2019.
- INOJOSA, H. *et al.* Visual feedback and postural control in multiple sclerosis. **Journal of Clinical Medicine**. [S.l.], v. 9, n. 5, p.1-12, maio 2020. DOI: 10.3390/JCM9051291. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32288335/>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- JETTE, A. M. Rumor a uma linguagem comum para função, deficiência e saúde – PubMed. **Phys Ther**. [S.l.], v. 86, n. 5, p. 726–34, 2006. DOI: 16649895. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16649895/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- JIAN, Y. *et al.* Trajectory of the body COG and COP during initiation and termination of gait. **Gait & Posture**. [S.l.], v. 1, n. 1, p. 9–22, 1 mar. 1993. DOI: 10.1016/0966-6362(93)90038-3.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636293900383>. Acesso em: 17 fev. 2022.

JOERGENSEN, T. S. *et al.* Experimental knee pain evoke spreading hyperalgesia and facilitated temporal summation of pain. **Pain Medicine**, United States, v. 14, n. 6, p. 874–883, 2013. DOI: 10.1111/pme.12093. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23590407/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

JORDAN, J. *et al.* Knee pain and knee osteoarthritis severity in self-reported task specific disability: the Johnston County Osteoarthritis Project. **The Journal of Rheumatology**. [S.l.], v. 24, n. 7, p. 1344–1349, 1 jul. 1997. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/9228135>. Acesso em: 16 mar. 2022.

JUHL C. *et al.* Impact of exercise type and dose on pain and disability in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials. **Arthritis & rheumatology**, Hoboken, v. 66, n. 3, p. 622–636, 2014. DOI: 10.1002/ART.38290. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24574223/>. Acesso em: 20 out. 2021.

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. **Journal of physical therapy science**. [S.l.], v. 31, n. 10, p. 776–779, 2019. DOI: 10.1589/JPTS.31.776. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31645805/>. Acesso em: 24 out. 2021.

KELLGREN, J. H.; LAWRENCE, J. S. Radiological assessment of osteo-arthritis. **Annals of the rheumatic diseases**. [S.l.], v. 16, n. 4, p. 494–502, 1957. DOI: 10.1136/ard.16.4.494. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13498604/>. Acesso em: 24 out. 2021.

KERIN, A. J. *et al.* Propagation of surface fissures in articular cartilage in response to cyclic loading in vitro. **Clinical Biomechanics**. [S.l.], v. 18, n. 10, p. 960–968, 1 dez. 2003. DOI: 10.1016/J.CLINBIOMECH.2003.07.001. Disponível em: <http://www.clinbiomech.com/article/S0268003303001803/fulltext>. Acesso em: 15 fev. 2022.

KIM, H. S. *et al.* Balance control and knee osteoarthritis severity. **Ann Rehabil Med**. [S.l.], v. 35, p. 701–9, 2011. DOI: 10.5535/arm.2011.35.5.701. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22506194> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3309250/> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3309250/pdf/arm-35-701.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

KISS, R. M. Effect of severity of knee osteoarthritis on the variability of gait parameters. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**. [S.l.], v. 21, n. 5, p. 695–703, out. 2011. DOI: 10.1016/J.JELEKIN.2011.07.011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21840223/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

KNOOP, J. *et al.* Identification of phenotypes with different clinical outcomes in knee osteoarthritis: Data from the osteoarthritis initiative. **Arthritis Care & Research**. [S.l.], v. 63, n. 11, p. 1535–1542, nov. 2011. DOI: 10.1002/acr.20571. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21954070>. Acesso em: 28 dez. 2017.

KOLASINSKI, S. L. *et al.* 2019 American college of rheumatology/arthritis foundation

guideline for the management of osteoarthritis of the hand, hip, and knee. **Arthritis & rheumatology**, Hoboken, v. 72, n. 2, p. 220–233, 1 fev. 2020. DOI: 10.1002/ART.41142. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31908163/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

KOLTYN, K. F. Exercise-induced hypoalgesia and intensity of exercise. **Sports Medicine** 2002. [S.l.], v. 32, n. 8, p. 477–487, 23 out. 2012. DOI: 10.2165/00007256-200232080-00001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200232080-00001>. Acesso em: 23 mar. 2022.

KRISHNASAMY, P.; HALL, M.; ROBBINS, S. R. The role of skeletal muscle in the pathophysiology and management of knee osteoarthritis. **Rheumatology**, Oxford, v. 57, n. suppl_4, p. iv22–iv33, 1 maio 2018. DOI: 10.1093/RHEUMATOLOGY/KEX515. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29351644/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

KROON, F. P. *et al.* Self-management education programmes for osteoarthritis. **The Cochrane database of systematic reviews**. [S.l.], v. 2014, n. 1, 15 jan. 2014. DOI: 10.1002/14651858.CD008963.PUB2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24425500/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LARMER, P. J. *et al.* Systematic review of guidelines for the physical management of osteoarthritis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**. [S.l.], v. 95, n. 2, p. 375–389, fev. 2014. DOI: 10.1016/J.APMR.2013.10.011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24184307/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LAWRENCE, R. C. *et al.* Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. **Arthritis and Rheumatism**. [S.l.], v. 58, n. 1, p. 15–25, Jan 2008. DOI: 10.1002/art.23177. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18163481/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LAZAROTTO, L. *et al.* Static and dynamic postural control: Comparison between community old adults and people with Parkinson's disease. **Physiotherapy Research International**. [S.l.], v. 25, n. 3, p. 1–7, Jul, 2020. DOI: 10.1002/PRI.1844. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pri.1844>. Acesso em: 10 fev. 2022.

LEBRASSEUR, N. K. *et al.* Tests of muscle strength and physical function: reliability and discrimination of performance in younger and older men and older men with mobility limitations. **Journal of the American Geriatrics Society**. [S.l.], v. 56, n. 11, p. 2118–2123, nov. 2008. DOI: 10.1111/J.1532-5415.2008.01953.X. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18811607/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LEPERS, R.; BRENIÈRE, Y. The role of anticipatory postural adjustments and gravity in gait initiation. **Experimental brain research**. [S.l.], v. 107, n. 1, p. 118–124, nov. 1995. DOI: 10.1007/BF00228023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8751069/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

LESPASIO, M. J. *et al.* Knee osteoarthritis: a primer. **The Permanente Journal**. [S.l.], v. 21, n.16, p. 1–7, 2017. DOI: 10.7812/TPP/16-183. Disponível em: <https://pmc/articles/PMC5638628/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

LIU, Y. H. *et al.* Effects of bilateral medial knee osteoarthritis on intra- and inter-limb contributions to body support during gait. **Journal of biomechanics**. [S.l.], v. 47, n. 2, p. 445–450, 22 jan. 2014. DOI: 10.1016/J.JBIOMECH.2013.11.001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24290721/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

LO, G. H. *et al.* Bone marrow lesions and joint effusion are strongly and independently associated with weight-bearing pain in knee osteoarthritis: data from the osteoarthritis initiative. **Osteoarthritis and cartilage**. [S.l.], v. 17, n. 12, p. 1562–1569, dez. 2009. DOI: 10.1016/J.JOCA.2009.06.006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19583959/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

LORIG, K. R.; HOLMAN, H. R. Self-management education: history, definition, outcomes, and mechanisms. **Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine**. [S.l.], v. 26, n. 1, p. 1–7, 2003. DOI: 10.1207/S15324796ABM2601_01. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12867348/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LYON, I. N.; DAY, B. L. Control of frontal plane body motion in human stepping. **Experimental brain research**. [S.l.], v. 115, n. 2, p. 345–356, 1997. DOI: 10.1007/PL00005703. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9224862/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MACKINNON, C. D.; WINTER, D. A. Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. **Journal of biomechanics**. [S.l.], v. 26, n. 6, p. 633–644, 1993. DOI: 10.1016/0021-9290(93)90027-C. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8514809/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MADRY, H.; LUYTEN, F. P.; FACCHINI A. Biological aspects of early osteoarthritis. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA**. [S.l.], v. 20, n. 3, p. 407–422, mar. 2012. DOI: 10.1007/S00167-011-1705-8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22009557/>. Acesso em: 20 out. 2021.

MANN, E. G.; LEFORT, S.; VANDENKERKHOF, E. G. Self-management interventions for chronic pain. **Pain management**. [S.l.], v. 3, n. 3, p. 211–222, maio 2013. DOI: 10.2217/PMT.13.9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24654764/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MASSION, J. Movement , posture and equilibrium : interaction and coordination control of feedforward gain and gate control perturbation. **Progress in Neurobiology**. [S.l.], v. 38, n. 1, p. 35–56, 1992. DOI: 10.1016/0301-0082(92)90034-C. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1736324/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MASUI, T. *et al.* Increasing postural sway in rural-community-dwelling elderly persons with knee osteoarthritis. **Journal of Orthopaedic Science**. [S.l.], v. 11, n. 4, p. 353–358, 2006. DOI: 10.1007/s00776-006-1034-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16897198/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MCALINDON, T. E. *et al.* OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. **Osteoarthritis and Cartilage**. [S.l.], v. 22, n. 3, p. 363–388, mar. 2014. DOI: 10.1016/j.joca.2014.01.003. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24462672>.

Acesso em: 22 jan. 2018.

MIJNARENDS, D. M. *et al.* Validity and Reliability of Tools to Measure Muscle Mass, Strength, and Physical Performance in Community-Dwelling Older People: A Systematic Review. **Journal of the American Medical Directors Association**. [S.l.], v. 14, n. 3, p. 170–178, 1 mar. 2013. DOI: 10.1016/J.JAMDA.2012.10.009. Disponível em: <http://www.jamda.com/article/S1525861012003982/fulltext>. Acesso em: 19 fev. 2022.

MILLS, K. *et al.* A systematic review and meta-analysis of lower limb neuromuscular alterations associated with knee osteoarthritis during level walking. **Clinical biomechanics**, Bristol, v. 28, n. 7, p. 713–724, ago. 2013. DOI: 10.1016/J.CLINBIOMECH.2013.07.008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23953330/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

MIYAZAKI, T. *et al.* Dynamic load at baseline can predict radiographic disease progression in medial compartment knee osteoarthritis. **Annals of the rheumatic diseases**. [S.l.], v. 61, n. 7, p. 617–622, 2002. DOI: 10.1136/ARD.61.7.617. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12079903/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

MORAES, A. A. da C. *et al.* Validity and Reliability of Smartphone App for Evaluating Postural Adjustments during Step Initiation. **Sensors**. [S.l.], v. 22, n. 8, p. 1-11, abr. 2022. DOI: 10.3390/S22082935. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/8/2935/htm>. Acesso em: 2 jul. 2022.

MORASSO, P. G.; SCHIEPPATI, M. Can muscle stiffness alone stabilize upright standing?. **Journal of neurophysiology**. [S.l.], v. 82, n. 3, p. 1622–1626, 1999. DOI: 10.1152/JN.1999.82.3.1622. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10482776/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

MÜNDERMANN, A.; DYRBY, C. O.; ANDRIACCHI, T. P. Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: increased load at the ankle, knee, and hip during walking. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 52, n. 9, p. 2835–44, set. 2005. DOI: 10.1002/art.21262. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16145666>. Acesso em: 6 jul. 2019.

NELSON, A. E. *et al.* A systematic review of recommendations and guidelines for the management of osteoarthritis: the chronic osteoarthritis management initiative of the U.S. bone and joint initiative. **Seminars in arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 43, n. 6, p. 701–712, 2014. DOI: 10.1016/J.SEMARTHRT.2013.11.012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24387819/>. Acesso em: 10 set. 2021.

NEOGI, T. The epidemiology and impact of pain in osteoarthritis. **Osteoarthritis and cartilage**. [S.l.], v. 21, n. 9, p. 1145–1153, set. 2013. DOI: 10.1016/J.JOCA.2013.03.018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23973124/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

NEOGI, T. *et al.* Association of joint inflammation with pain sensitization in knee osteoarthritis: the multicenter osteoarthritis study. **Arthritis & rheumatology**, Hoboken, v. 68, n. 3, p. 654–661, 1 mar. 2016. DOI: 10.1002/ART.39488. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26554395/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

ONDER, G. *et al.* Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic

disability: results from the women's health and aging study. **The Journals of Gerontology: Series A**. [S.l.] v. 60, n. 1, p. 74–79, 1 jan. 2005. DOI: 10.1093/GERONA/60.1.74. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/60/1/74/533765>. Acesso em: 7 nov. 2021.

PARK, S. K.; KOBASAR, D.; FERBER, R. Relationship between lower limb muscle strength, self-reported pain and function, and frontal plane gait kinematics in knee osteoarthritis. **Clinical biomechanics**, Bristol, v. 38, p. 68–74, 1 out. 2016. DOI: 10.1016/J.CLINBIOMECH.2016.08.009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27580452/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

PARSONS, C. *et al.* How well do radiographic, clinical and self-reported diagnoses of knee osteoarthritis agree? Findings from the Hertfordshire cohort study. **SpringerPlus**. [S.l.], v. 4, n. 1, 1 dez. 2015. DOI: 10.1186/S40064-015-0949-Z. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4408304/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PEREZ-HUERTA, B. D. *et al.* Effectiveness of a program combining strengthening, stretching, and aerobic training exercises in a standing versus a sitting position in overweight subjects with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. **Journal of Clinical Medicine**. [S.l.], v. 9, n. 12, p. 1-13, 20 dez. 2020. DOI: 10.3390/JCM9124113. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33419242/>. Acesso em: 12 set. 2021.

PERROT, S. Osteoarthritis pain. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**. [S.l.], v. 29, n. 1, p. 90–97, fev. 2015. DOI: 10.1016/j.berh.2015.04.017. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26267003>. Acesso em: 22 jan. 2018.

PETRELLA, M. *et al.* Postural control parameters in elderly female fallers and non-fallers diagnosed or not with knee osteoarthritis. **Revista brasileira de reumatologia**. [S.l.], v. 52, n. 4, p. 512–517, jul. 2012. DOI: 10.1590/S0482-50042012000400004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22885419/>. Acesso em: 2 fev. 2022.

PETRUCCI, M. N. *et al.* A neuromechanical model of reduced dorsiflexor torque during the anticipatory postural adjustments of gait initiation. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**. [S.l.], v. 26, n. 11, p. 2210–2216, 1 nov. 2018. DOI: 10.1109/TNSRE.2018.2874991. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8486966>. Acesso em: 2 fev. 2022.

PETTERSON, S. C. *et al.* Mechanisms underlying quadriceps weakness in knee osteoarthritis. **Medicine and science in sports and exercise**. [S.l.], v. 40, n. 3, p. 422–427, mar. 2008. DOI: 10.1249/MSS.0B013E31815EF285. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18379202/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

POLCYN, A. F.; LIPSITZ, L. A.; KERRIGAN, D. C.; COLLINS, J. J. Age-related changes in the initiation of gait: degradation of central mechanisms for momentum generation. **Archives of physical medicine and rehabilitation**. [S.l.], v. 79, n. 12, p. 1582–1589, 1998. DOI: 10.1016/S0003-9993(98)90425-7. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9862305/>. Acesso em: 19 out. 2021.

PRIETO-ALHAMBRA, D. *et al.* Incidence and risk factors for clinically diagnosed knee, hip and hand osteoarthritis: influences of age, gender and osteoarthritis affecting other joints.

Annals of the rheumatic diseases. [S.l.], v. 73, n. 9, p. 1659–1664, 2014. DOI: 10.1136/ANNRHEUMDIS-2013-203355. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23744977/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

QUICKE, J. G. *et al.* Is long-term physical activity safe for older adults with knee pain?: a systematic review. **Osteoarthritis and cartilage.** [S.l.], v. 23, n. 9, p. 1445–1456, 1 set. 2015. DOI: 10.1016/J.JOCA.2015.05.002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26003947/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

RAJA, S. N. *et al.* The revised international association for the study of pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. **Pain.** [S.l.], v. 161, n. 9, p. 1976–1982, 1 set. 2020. DOI: 10.1097/J.PAIN.0000000000001939. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32694387/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

RASCH, A.; DALÉN, N.; BERG, H. E. Muscle strength, gait, and balance in 20 patients with hip osteoarthritis followed for 2 years after THA. **Acta orthopaedica.** [S.l.], v. 81, n. 2, p. 183–188, abr. 2010. DOI: 10.3109/17453671003793204. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20367414/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

REMELIUS, J. G. *et al.* Gait initiation in multiple sclerosis. **Motor Control.** [S.l.], v. 12, n. 2, p. 93–108, 1 abr. 2008. DOI: 10.1123/mcj.12.2.93. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18483445/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

RICE, D. *et al.* Best evidence rehabilitation for chronic pain part 5: osteoarthritis. **Journal of clinical medicine.** [S.l.], v. 8, n. 11, 1 nov. 2019. DOI: 10.3390/JCM8111769. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31652929/>. Acesso em: 20 out. 2021.

RICE, D. *et al.* Exercise-induced hypoalgesia in pain-free and chronic pain populations: State of the Art and Future Directions. **Journal of Pain.** [S.l.], v. 20, n. 11, p. 1249–1266, 1 nov. 2019. DOI: 10.1016/J.JPAIN.2019.03.005/ATTACHMENT/9860C919-1494-451D-8BB9-1439E0A6C226/MMC1.XML. Disponível em: <http://www.jpain.org/article/S1526590018304565/fulltext>. Acesso em: 20 fev. 2022.

RISKOWSKI, J. *et al.* Propriocepção, cinemática da marcha e taxa de carga durante a caminhada: estão relacionados? – PubMed. **J Interação Neuronal Musculoesquelética.** [S.l.], v. 5, n. 4, p. 379–87, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16340143/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

ROBINOVITCH, S. N. *et al.* Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: An observational study. **The Lancet.** [S.l.], v. 381, n. 9860, p. 47–54, 2013. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61263-X. Disponível em: <https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2812%2961263-X/fulltext>. Acesso em: 8 fev. 2022.

RODDY, E.; ZHANG, W.; DOHERTY, M. Aerobic walking or strengthening exercise for osteoarthritis of the knee?: a systematic review. **Annals of the Rheumatic Diseases.** [S.l.], v. 64, n. 4, p. 544–548, abr. 2005. DOI: 10.1136/ARD.2004.028746. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/155453/>. Acesso em: 11 set. 2021.

RODDY, E.; *et al.* Evidence-based recommendations for the role of exercise in the

management of osteoarthritis of the hip or knee the - MOVE consensus. **Rheumatology**. [S.l.], v. 44, n. 1, p. 67–73, 1 jan. 2005. DOI: 10.1093/RHEUMATOLOGY/KEH399. Disponível em: <https://academic.oup.com/rheumatology/article/44/1/67/2899142>. Acesso em: 20 fev. 2022.

RODRIGUEZ, C. S. Pain measurement in the elderly: a review. **Pain Management Nursing**. [S.l.], v. 2, n. 2, p. 38–46, 2001. DOI: 10.1053/jpmn.2001.23746. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1524904201655127>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ROOS, E. M.; ARDEN, N. K. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. **Nature Reviews Rheumatology**. [S.l.], v. 12, n. 2, p. 92–101, 1 fev. 2016. DOI: 10.1038/NRRHEUM.2015.135. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26439406/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

RUTHERFORD, D. J.; HUBLEY-KOZEY, C. L.; STANISH, W. D. Knee effusion affects knee mechanics and muscle activity during gait in individuals with knee osteoarthritis. **Osteoarthritis and cartilage**. [S.l.], v. 20, n. 9, p. 974–981, set. 2012. DOI: 10.1016/J.JOCA.2012.05.014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22698444/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

SANTOS, M. J.; KANEKAR, N.; ARUIN, A. S. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 2. Biomechanical analysis. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**. [S.l.], v. 20, n. 3, p. 398, jun. 2010. DOI: 10.1016/J.JELEKIN.2010.01.002. Disponível em: <http://pmc/articles/PMC2859839/>. Acesso em: 19 jan. 2022.

SCHADRACK, J. *et al.* Metabolic activity changes in the rat spinal cord during adjuvant monoarthritis. **Neuroscience**. [S.l.], v. 94, n. 2, p. 595–605, 1999. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10579220>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SHAKOOR, N. *et al.* Pain and its relationship with muscle strength and proprioception in knee OA: results of an 8-week home exercise pilot study. **Journal of musculoskeletal & neuronal interactions**. [S.l.], v. 8, n. 1, p. 35–42, 2008. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18398263>. Acesso em: 22 jan. 2018.

SHAMAEI, K.; SAWICKI, G. S.; DOLLAR, A. M. Estimation of quasi-stiffness of the human knee in the stance phase of walking. **PLOS ONE**. [S.l.], v. 8, n. 3, p. 1–10, 22 mar. 2013. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0059993. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0059993>. Acesso em: 11 fev. 2022.

SLUKA, K. A.; FREY-LAW, L.; BEMENT, M. H. Exercise-induced pain and analgesia?: underlying mechanisms and clinical translation. **Pain**. [S.l.], v. 159, n. Suppl 1, p. 1–17, 1 set. 2018. DOI: 10.1097/J.PAIN.0000000000001235. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30113953/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SMITH, C.; KUMAR, S.; PELLING, N. The effectiveness of self-management educational

interventions for osteoarthritis of the knee. **JB I library of systematic reviews**. [S.l.], v. 7, n. 25, p. 1091–1118, 2009. DOI: 10.11124/01938924-200907250-00001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27820499/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SØRENSEN, R. R. *et al.* Impaired postural balance in the morning in patients with knee osteoarthritis. **Gait & posture**. [S.l.], v. 39, n. 4, p. 1040–1044, 2014. DOI: 10.1016/J.GAITPOST.2014.01.002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24480548/>. Acesso em: 12 fev. 2022.

STARK, T. *et al.* Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. **PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation**. [S.l.], v. 3, n. 5, p. 472–479, maio 2011. DOI: 10.1016/J.PMRJ.2010.10.025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21570036/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

STEULTJENS, M.; DEKKER, J.; BIJLSMA, J. Enfrentamento, dor e incapacidade na osteoartrite: um estudo longitudinal – PubMed. **J Reumatol**. [S.l.], v. 28, n. 5, p. 1068–1072, maio 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11361191/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

STEULTJENS, M. P. M.; DEKKER, J.; BIJLSMA, J. W. J. Avoidance of activity and disability in patients with osteoarthritis of the knee: the mediating role of muscle strength. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 46, n. 7, p. 1784–1788, 2002. DOI: 10.1002/ART.10383. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12124862/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

STEWART, J. *et al.* Circadian dysfunction and fluctuations in gait initiation impairment in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**. [S.l.], v. 236, n. 3, p. 655–664, 2018. DOI: 10.1007/s00221-017-5163-5. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29294143/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

SUN, R.; CUI, C.; SHEA, J. B. Aging effect on step adjustments and stability control in visually perturbed gait initiation. **Gait and Posture**. [S.l.], v. 58, n. July, p. 268–273, 2017. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.08.013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28837917/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

SUSKO, A. M.; FITZGERALD, K. G. The pain-relieving qualities of exercise in knee osteoarthritis. **Open Access Rheumatology : Research and Reviews**. [S.l.], v. 5, p. 81–91, 15 out. 2013. DOI: 10.2147/OARRR.S53974. Disponível em: [/pmc/articles/PMC5074793/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24480548/). Acesso em: 19 fev. 2022.

SUZUKI, M. *et al.* Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. **NeuroImage**. [S.l.], v. 23, n. 3, p. 1020–1026, nov. 2004. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2004.07.002. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15528102>. Acesso em: 6 jul. 2019.

SZILAGYI, I. A. *et al.* Towards sex-specific osteoarthritis risk models: evaluation of risk factors for knee osteoarthritis in males and females. **Rheumatology**, Oxford, v. 61, n. 2, p. 648, 2 fev. 2022. DOI: 10.1093/RHEUMATOLOGY/KEAB378. Disponível em: [/pmc/articles/PMC8824415/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34480548/). Acesso em: 15 mar. 2022.

TALLON, G. *et al.* Dynamical and stabilometric measures are complementary for the characterization of postural fluctuations in older women. **Gait & Posture**. [S.l.], v. 38, n. 1, p. 92–96, maio 2013. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.10.021. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23206901>. Acesso em: 28 dez. 2017.

TATEUCHI, H. *et al.* Anticipatory postural adjustments during lateral step motion in patients with hip osteoarthritis. **Journal of Applied Biomechanics**. [S.l.], v. 27, n. 1, p. 32–39, 2011. DOI: 10.1123/jab.27.1.32. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21451180/>. Acesso em: mar. 2022.

TAVARES, D. R. B. *et al.* Risk factors of pain, physical function, and health-related quality of life in elderly people with knee osteoarthritis: a cross-sectional study. **Heliyon**. [S.l.], v. 6, n. 12, p. 1-9, 1 dez. 2020. DOI: 10.1016/J.HELIYON.2020.E05723. Disponível em: </pmc/articles/PMC7758370/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

TINETTI, M. E.; DOUCETTE, J. T.; CLAUS, E. B. The Contribution of Predisposing and Situational Risk Factors to Serious Fall Injuries. **Journal of the American Geriatrics Society**. [S.l.], v. 43, n. 11, p. 1207–1213, 1 nov. 1995. DOI: 10.1111/J.1532-5415.1995.TB07395.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07395.x>. Acesso em: 30 jan. 2022.

TISSERAND, R. *et al.* Elderly fallers enhance dynamic stability through anticipatory postural adjustments during a choice stepping reaction time. **Frontiers in Human Neuroscience**. [S.l.], v. 10, n. 613, p. 1-15, 29 nov. 2016. DOI: 10.3389/FNHUM.2016.00613. Disponível em: </pmc/articles/PMC5126045/>. Acesso em: 30 jan. 2022.

UEMURA, K. *et al.* Older adults at high risk of falling need more time for anticipatory postural adjustment in the precrossing phase of obstacle negotiation. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, v. 66 A, n. 8, p. 904–909, 2011. DOI: 10.1093/gerona/glr081. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21659342/>. Acesso em: jan. 2022.

VAN DER ESCH, M. *et al.* Decrease of muscle strength is associated with increase of activity limitations in early knee osteoarthritis: 3-year results from the cohort hip and cohort knee study. **Archives of physical medicine and rehabilitation**. [S.l.], v. 95, n. 10, p. 1962–1968, 1 out. 2014. DOI: 10.1016/J.APMR.2014.06.007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24977932/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

VAN GINCKEL, A. *et al.* Effects of long-term exercise therapy on knee joint structure in people with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. **Seminars in arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 48, n. 6, p. 941–949, 1 jun. 2019. DOI: 10.1016/J.SEMARTHRT.2018.10.014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30392703/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

VINCENT, K. R.; VASILOPOULOS, T.; MONTERO, C.; VICENT, H.. Eccentric and concentric resistance exercise comparison for knee osteoarthritis. **Medicine and science in sports and exercise**. [S.l.], v. 51, n. 10, p. 1977–1986, 1 out. 2019. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002010. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31033900/>. Acesso em: 8 set. 2021.

VOS, T. *et al.* Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. **Lancet**, London, v. 388, n. 10053, p. 1545–1602, 8 out. 2016. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31678-6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27733282/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

WANG, J. *et al.* Functional MRI in the assessment of cortical activation during gait-related imaginary tasks. **Journal of neural transmission**, Viena, v. 116, n. 9, p. 1087–92, set. 2009. DOI: 10.1007/s00702-009-0269-y. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19669694>. Acesso em: 6 jul. 2019.

WESSELING, J. *et al.* Identifying trajectories of pain severity in early symptomatic knee osteoarthritis: a 5-year followup of the cohort hip and cohort Knee (CHECK) study. **The Journal of rheumatology**. [S.l.], v. 42, n. 8, p. 1470–1477, 1 ago. 2015. DOI: 10.3899/JRHEUM.141036. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26136492/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

WHITE, D. K.; MASTER, H. Patient-reported measures of physical function in knee osteoarthritis. **Rheumatic diseases clinics of North America**. [S.l.], v. 42, n. 2, p. 239–252, 1 maio 2016. DOI: 10.1016/J.RDC.2016.01.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27133487/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

WILLIAMS, D. A. *et al.* Knee pain and radiographic osteoarthritis interact in the prediction of levels of self-reported disability. **Arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 51, n. 4, p. 558–561, 15 ago. 2004. DOI: 10.1002/ART.20537. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15334427/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

WINTER, D. A.; PATLA, A. E.; FRANK, J. S. Assessment of balance control in humans. **Medical progress through technology**. [S.l.], v. 16, n. 1–2, p. 31–51, maio 1990. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2138696>. Acesso em: 23 jan. 2018.

WINTER D. A. Human balance posture control during standing and walking. **Gait & Posture**. [S.l.], v. 3, n. 4, p. 193–214, 1995. DOI: 10.1016/0966-6362(96)82849-9. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0966636296828499>. Acesso em: Jan. 2018.

WINTER, D. A. *et al.* Motor mechanisms of balance during quiet standing. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. [S.l.], v. 13, p. 49–56, 2003. DOI: 10.1016/S1050-6411(02)00085-8. Disponível em: www.elsevier.com/locate/jelekin. Acesso em: 6 nov. 2021.

WLUKA, A. E.; LOMBARD, C. B.; CICUTTINI, F. M. Tackling obesity in knee osteoarthritis. **Nature Reviews Rheumatology**. [S.l.], v. 9, n. 4, p. 225–235, abr. 2013. DOI: 10.1038/NRRHEUM.2012.224. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23247649/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

WRIGHT, A. A. *et al.* Measurement of function in hip osteoarthritis: developing a

standardized approach for physical performance measures. **Physiotherapy theory and practice**. [S.l.], v. 27, n. 4, p. 253–262, maio 2011. DOI: 10.3109/09593985.2010.491150. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20649479/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

YIOU, E. *et al.* Anticipatory postural control of stability during gait initiation over obstacles of different height and distance made under reaction-time and self-initiated instructions. **Frontiers in human neuroscience**. [S.l.], v. 10, n. 449, p. 1-16, 7 set. 2016. DOI: 10.3389/FNHUM.2016.00449. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27656138/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

YIOU, E. *et al.* Balance control during gait initiation: State-of-the-art and research perspectives. **World Journal of Orthopedics**. [S.l.], v. 8, n. 11, p. 815-828, 2017. DOI: 10.5312/wjo.v8.i11.815. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29184756/>. Acesso em: fev. 2022.

ZACHARIAS, A. *et al.* Efficacy of rehabilitation programs for improving muscle strength in people with hip or knee osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis. **Osteoarthritis and cartilage**. [S.l.], v. 22, n. 11, p. 1752–1773, 1 nov. 2014. DOI: 10.1016/J.JOCA.2014.07.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25065642/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ZENI, J. A.; HIGGINSON, J. S. Differences in gait parameters between healthy subjects and persons with moderate and severe knee osteoarthritis: a result of altered walking speed?. **Clinical biomechanics**, Bristol, v. 24, n. 4, p. 372–378, 2009. DOI: 10.1016/J.CLINBIOMECH.2009.02.001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19285768/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

ZIMMERMANN, M. Pain mechanisms and mediators in osteoarthritis. **Seminars in arthritis and rheumatism**. [S.l.], v. 18, n. 4 Suppl 2, p. 22–29, maio 1989. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2658073>. Acesso em: 23 jan. 2018.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada “EFEITO DO TRATAMENTO, NÍVEL DE SEVERIDADE E DO SEXO SOBRE A DOR, FUNÇÃO FÍSICA, QUALIDADE DE VIDA E MARCHA NOS INDIVÍDUOS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO, TENDO OS ASPECTOS EMOCIONAIS COMO VARIÁVEL CONTROLE”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionisio, doutorandas Fabiana da Silva Soares e Vanessa Martins Pereira Silva Moreira e mestranda Mariana Faria.

Nesta pesquisa nós estamos buscando entender o efeito do tratamento, da diferença dos tipos de comprometimento do joelho e do sexo sobre a dor, qualidade de vida, capacidade de executar funções do dia-a-dia e da forma de andar do indivíduo com osteoartrite de joelho, além de verificar se características da forma de pensar e sentir interfere nessas medidas.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pelas pesquisadoras Fabiana da Silva Soares, Vanessa Martins Pereira Silva Moreira e Mariana Faria, fisioterapeutas, que realizaram a avaliação do seu joelho. Após isto e encaixar nos critérios de inclusão, se você desejar participar da pesquisa, você receberá esse termo de consentimento livre esclarecido para ler, tirar dúvidas e assinar. Você poderá levar também o termo para casa, caso deseje responder sobre sua participação na pesquisa depois. A coleta do termo será no Laboratório de Neuromecânica e Fisioterapia da UFU.

Na sua participação você será avaliado através de questionários para medir sua dor, sua capacidade de realizar atividades do dia-a-dia, sua qualidade de vida, além de avaliar algumas de suas características emocionais, como pensamentos e sentimentos sobre a dor. Além disso, a dor será avaliada também através de um aparelho chamado dolorímetro, que fará uma pressão sobre a sua pele até você começar a sentir dor. Você também será avaliado na sua força muscular e na forma como você anda e inicia sua marcha em uma plataforma de força, após um comando verbal, dando um passo à frente com o membro direito e depois o esquerdo, três vezes cada membro. Após essas avaliações, você receberá tratamento ou orientações sobre a osteoartrite de joelho por 8 semanas e assim que acabar o tratamento, será feito novamente todas as avaliações. Em nenhum momento você será identificado. Os

resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos consistem em um leve desconforto e/ou dor no local a ser examinado durante a avaliação da dor através da pressão. Porém, esse desconforto permanecerá apenas por alguns segundos. Além disso, existe o risco mínimo de você cair quando estiver na esteira, mas que será minimizado com pesquisadores ao seu redor, averiguando sua segurança. Existe também o risco da sua identificação como participante da pesquisa, porém este risco será diminuído, uma vez que você será identificado por números. Os benefícios da participação nessa pesquisa serão avaliação do joelho feito por um fisioterapeuta e, após a avaliação, receberá tratamento ou orientações sobre a osteoartrite de joelho através de cartilhas e palestras. Além disso, o conhecimento alcançado nesse trabalho produzirá mais esclarecimento e aperfeiçoamento da forma de tratar a osteoartrite pelos profissionais da área de saúde e, por conseguinte, melhora do tratamento para os indivíduos com osteoartrite de joelho.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação. Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Fabiana da Silva Soares, Vanessa Martins Pereira Silva Moreira, Mariana Faria e com o prof. Dr. Valdecir Carlos Dionisio, no telefone: (34) 3218-2910 e no endereço: R. Benjamin Constant, 1286 - Bairro Aparecida, Uberlândia - MG - CEP 38400-678. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia – MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131.

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

ANEXO A- ÍNDICE WOMAC PARA OSTEOARTRITE

ANONIMATO E CONFIDENCIALIDADE

Toda informação que você fornecer será considerada estritamente confidencial e será apresentada apenas como estatística do grupo de indivíduos. Nenhum dado que identifique um indivíduo com uma resposta específica ou genérica será apresentado.

Se você tem alguma pergunta ou comentários sobre esta pesquisa, por favor, sinta-se à vontade para escrever ou telefonar: (34) 3218-2910.

INSTRUÇÕES PARA OS PARTICIPANTES

Nas seções A, B e C as perguntas serão feitas da seguinte forma e você deverá respondê-las colocando um “X” em um dos quadrados.

NOTA:

1. Se você colocar o “X” no quadrado da extrema esquerda, ou seja:

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

Então você está indicando que você não tem dor.

2. Se você colocar o “X” no quadrado da extrema direita, ex.:

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

Então você está indicando que sua dor é muito intensa.

3. Por favor observe:

- a. Que quanto mais à direita você colocar o “X”, maior a dor que você está sentindo.
- b. Que quanto mais à esquerda você colocar o “X”, menor a dor que você está sentindo.
- c. Favor não coloque o “X” fora dos quadrados.

Você será solicitado a indicar neste tipo de escala a intensidade de dor, rigidez ou incapacidade que você está sentindo. Por favor, lembre que quanto mais à direita você colocar o “X”, você está indicando que está sentindo maior dor, rigidez ou incapacidade.

SEÇÃO A

INSTRUÇÕES PARA OS PARTICIPANTES

As perguntas a seguir se referem à intensidade da dor que você está atualmente sentindo devido à artrite de seu joelho. Para cada situação, por favor, coloque a intensidade da dor que sentiu nas últimas 72 horas (Por favor, marque suas respostas com um “X”).

Pergunta: Qual a intensidade da sua dor?

1-Caminhando em um lugar plano.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

2- Subindo ou descendo escadas.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

3- A noite deitado na cama.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

4-Sentando-se ou deitando-se.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

5. Ficando em pé.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

SEÇÃO B**INSTRUÇÕES PARA OS PARTICIPANTES**

As perguntas a seguir se referem a intensidade de rigidez nas juntas (não dor), que você está atualmente sentindo devido a artrite em seu joelho nas últimas 72 horas. Rigidez é uma sensação de restrição ou dificuldade para movimentar suas juntas (Por favor, marque suas respostas com um “X”).

1. Qual é a intensidade de sua rigidez logo após acordar de manhã?

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

2. Qual é a intensidade de sua rigidez após se sentar, se deitar ou repousar no decorrer do dia?

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

SEÇÃO C**INSTRUÇÕES PARA OS PARTICIPANTES**

As perguntas a seguir se referem a sua atividade física. Nós chamamos atividade física, sua capacidade de se movimentar e cuidar de você mesmo (a). Para cada uma das atividades a seguir, por favor, indique o grau de dificuldade que você está tendo devido à artrite em seu joelho durante as últimas 72 horas (Por favor, marque suas respostas com um “X”).

Pergunta: Qual o grau de dificuldade que você tem ao:

1- Descer escadas.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

2- Subir escadas.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

3- Levantar-se estando sentado (a).

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

4- Ficar em pé.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

5- Abaixar-se para pegar algo.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

6- Andar no plano.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

7- Entrar e sair do carro.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

8- Ir fazer compras.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

9- Colocar meias.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

10- Levantar-se da cama.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

11- Tirar as meias.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

12- Ficar deitado na cama.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

13- Entrar e sair do banho.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

14 - Se sentar.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

15- Sentar e levantar do vaso sanitário.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

16- Fazer tarefas domésticas pesadas.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

17- Fazer tarefas domésticas leves.

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Moderada ☐ Intensa ☐ Muito intensa ☐

OBRIGADO POR COMPLETAR ESTE QUESTIONÁRIO

ANEXO B - ESCALA NUMÉRICA DE DOR