

ANÁLISE DA MARCHA E DO EQUILÍBRIO APÓS FRATURA MALEOLAR DE TORNOZELO

Recebido em: 23/12/2024

Aceito em: 07/10/2025

DOI: 10.25110/arqsaude.v29i3.2025-11834



Denilce de Jesus Drum¹
Maria Vitória Bitencourth da Rosa²
Patrícia Herpich³
Ananda Oliveira Silveira⁴
Carlos Henrique Andreatta Koraleski⁵
Raquel Saccani⁶
Guilherme Auler Brodt⁷
Leandro Viçosa Bonetti⁸

RESUMO: Objetivos: avaliar a marcha, o equilíbrio e a funcionalidade de pacientes que passaram por tratamento cirúrgico pós-fratura maleolar de tornozelo. Métodos: a amostra foi composta por 20 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 30 a 59 anos, divididos em dois grupos; Grupo Fratura de Tornozelo (GFT) e o Grupo Controle (GC). O GFT foi composto por 10 participantes em pós-operatório de fratura de tornozelo; enquanto o GC foi composto por 10 participantes saudáveis. Para a análise da marcha e do equilíbrio foi utilizado um acelerômetro e para a avaliação da funcionalidade foi utilizado o *Y Balance Test* (YBT). Além disso, os participantes do GFT responderam um questionário específico sobre lesões de tornozelo e pé (FAOS - *Foot and Ankle Outcome Score*). Para a análise estatística das variáveis bipodais foi realizado um teste T para medidas independentes para comparar o GFT com GC e para a análise das variáveis unipodais foi realizado uma ANOVA de um fator. Resultados: As avaliações ocorreram, em média, 12,15 ($\pm 2,00$) meses após a cirurgia e os valores médios do FAOS demonstraram-se abaixo do esperado para o período ($53,10 \pm 36,89$). Na análise dos

¹ Graduada em Fisioterapia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: djdrum@ucs.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8167-8732>

² Graduada em Fisioterapia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: marianabittencourtdossantos@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5827-047X>

³ Graduada em Fisioterapia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: herpich@ucs.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2081-0241>

⁴ Graduada em Fisioterapia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: aosilveira@ucs.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9936-3555>

⁵ Especialista em Fisioterapia Esportiva e Traumatismo-Ortopédica pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: chakoraleski@ucs.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5805-2671>

⁶ Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: rsaccani@ucs.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-3883>

⁷ Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora do Curso de Educação Física e do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

E-mail: guilhermebrodt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8094-9835>

⁸ Doutor em Neurociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA).

E-mail: leandrovbbonetti@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8580-8567>

parâmetros espaçotemporais da marcha, a velocidade dos participantes do GFT foi significativamente inferior à do GC. Além disso, ambos os membros do GFT apresentaram desempenho inferior ao do GC na análise do comprimento do passo, na maioria das variáveis de equilíbrio e no YBT. Conclusão: Conclui-se que, apesar de ainda apresentarem alterações na marcha, no equilíbrio e na funcionalidade, esses pacientes mantiveram independência funcional, sugerindo que protocolos fisioterapêuticos padrão constituem ferramentas eficazes na reabilitação pós-fratura de tornozelo.

PALAVRAS-CHAVE: Tornozelo; Fratura; Marcha; Equilíbrio, Desempenho físico Funcional.

GAIT AND BALANCE ANALYSIS AFTER MALEOLAR ANKLE FRACTURE

ABSTRACT: Objectives: to evaluate the gait, balance and functionality of patients who have undergone post-malleolar ankle fracture surgical treatment. Methods: the sample consisted of 20 participants, of both sexes, aged between 30 and 59 years, divided into two groups; Ankle Fracture Group (AFG) and Control Group (CG). The AFG consisted of 10 participants in the postoperative phase of an ankle fracture, while the GC included 10 healthy participants. For the gait and balance analysis was used an accelerometer and for the evaluation of functionality was used the Y Balance Test (YBT). In addition, AFG participants answered a specific questionnaire for ankle and foot injuries (FAOS - Foot and Ankle Outcome Score). For the statistical analysis of bipodal variables was performed a T test for independent measures to compare the AFG with GC and for the analysis of unipodal variables was performed an ANOVA of one factor. Results: The evaluations occurred, on average, 12.15 (± 2.00) months after surgery and the average FAOS values were below the expected for the period (53.10 ± 36.89). In the analysis of spatiotemporal gait parameters, the velocity of the AFG participants was significantly lower than that of the CG. Furthermore, both limbs of the AFG showed poorer performance compared to the CG in step length analysis, in most balance variables, and in the YBT. Conclusion: It can be concluded that, although these patients still present alterations in gait, balance, and functionality, they maintained functional independence, suggesting that standard physiotherapeutic protocols are effective tools for post-ankle fracture rehabilitation.

KEYWORDS: Ankle; Fracture; Gait; Functional physical performance.

ANÁLISIS DE LA MARCHA Y EL EQUILIBRIO DESPUÉS DE UNA FRACTURA MALEOLAR DE TOBILLO

RESUMEN: Objetivos: evaluar la marcha, el equilibrio y la funcionalidad de pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico tras fractura maleolar del tobillo. Métodos: la muestra estuvo compuesta por 20 participantes, de ambos sexos, con edades entre 30 y 59 años, divididos en dos grupos; Grupo de Fractura de Tobillo (GFT) y Grupo Control (GC). El GFT estuvo conformado por 10 participantes con fractura de tobillo en el período postoperatorio; mientras que el GC estuvo compuesto por 10 participantes sanos. Se utilizó un acelerómetro para analizar la marcha y el equilibrio y se utilizó *Y Balance Test* (YBT) para evaluar la funcionalidad. Además, los participantes de GFT completaron un cuestionario específico para lesiones de tobillo y pie (FAOS - *Foot and Ankle Outcome Score*). Para el análisis estadístico de variables bípedas se realizó una prueba T para mediciones independientes para comparar GFT con GC y para el análisis de variables

unípedas se realizou un ANOVA de una vía. Resultados: Las evaluaciones se realizaron, en promedio, 12,15 ($\pm 2,00$) meses después de la cirugía y los valores promedio de FAOS estuvieron por debajo de lo esperado para el período ($53,10 \pm 36,89$). En el análisis de los parámetros espacio-temporales de la marcha, la velocidad de los participantes del GFT fue significativamente inferior a la del GC. Además, ambos miembros del GFT mostraron un rendimiento inferior al del GC en el análisis de la longitud del paso, en la mayoría de las variables de equilibrio y en el YBT. Conclusión: Se concluye que, aunque estos pacientes aún presentan alteraciones en la marcha, el equilibrio y la funcionalidad, mantuvieron independencia funcional, lo que sugiere que los protocolos fisioterapéuticos estándar constituyen herramientas eficaces en la rehabilitación posterior a la fractura de tobillo.

PALABRAS CLAVE: Tobillo; Fractura; Paso; Equilibrio; Rendimiento físico funcional.

1. INTRODUÇÃO

Estudos epidemiológicos realizados em todo o mundo demonstram que a taxa de prevalência de fraturas de tornozelo varia entre 164 e 187 por 100.000, simbolizando aproximadamente 10% de todas as fraturas (Elsoe; Ostgaard; Larsen, 2018; Scheer *et al.*, 2020; Rydberg *et al.*, 2023; Gundtoft; Pedersen; Viberg, 2025). Mais de dois terços das causas das fraturas de tornozelo ocorrem por trauma de baixa energia e são mais frequentes em mulheres com idade entre 30 e 60 anos; apesar dos homens apresentarem uma distribuição mais uniforme ao longo da vida (Juto; Nilsson; Morberg, 2018).

O tratamento das fraturas de tornozelo envolve diferentes abordagens conservadoras ou cirúrgicas, seguidas por um período de imobilização (Mirando *et al.*, 2022). Após o período de imobilização, as principais queixas são dor, hematoma, edema, deformidade articular e a intolerância de suportar o peso; além de alterações biomecânicas que levam à limitação de amplitude de movimento ativa e passiva, alteração das aferências proprioceptivas e déficit de força muscular (Canton *et al.*, 2021; Ekinci *et al.*, 2021). Devido a isso, diversas capacidades funcionais ficam comprometidas, reduzindo a independência na realização das atividades diárias, recreação e atividades laborais (McKeown *et al.*, 2020). Em decorrência dessas alterações, é comum que esses pacientes desenvolvam padrões de marcha patológicos e alterações de equilíbrio (Albin *et al.*, 2019; Deleu *et al.*, 2021).

Portanto, ferramentas que avaliem as capacidades funcionais desses pacientes são de grande importância. A análise da marcha é um recurso essencial na prática clínica, pois permite caracterizar tanto o desempenho funcional quanto distúrbios específicos do movimento em indivíduos com disfunções locomotoras (Blair *et al.*, 2018; Chaparro-

Cárdenas *et al.*, 2018). De forma complementar e igualmente relevante após uma fratura de tornozelo, a avaliação do equilíbrio identifica alterações de percepção de posição articular e estabilidade unipodal (Powden; Dodds; Gabriel, 2019; Huynh; Tacker; Hung, 2021). Além disso, os testes funcionais são amplamente empregados para monitorar a evolução funcional (Salas-Gómez *et al.*, 2022B), sendo o *Y Balance Test* (YBT) um dos estes mais utilizados para identificar déficits de controle neuromuscular, controle postural e desempenho funcional dos membros inferiores (Plisky *et al.*, 2021; Domínguez-Navarro *et al.*, 2022). Diante desse contexto, o principal objetivo deste estudo foi avaliar a marcha, o equilíbrio e a funcionalidade de pacientes no pós-operatório tardio de fraturas de tornozelo. A principal hipótese do estudo é de pacientes que passaram por tratamento cirúrgico pós-fratura maleolar de tornozelo apresentem alterações significativas nas variáveis espaçotemporais da marcha, no equilíbrio e na função quando comparados a um grupo controle.

2. MÉTODOS

Esta foi uma pesquisa observacional, analítica, transversal e de carácter comparativo. Esse estudo foi realizado no Laboratório de Fisioterapia, localizado no Bloco 70 da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS, Brasil. Os dados foram coletados entre janeiro de agosto de 2024. A pesquisa foi aprovada (número do parecer 5.930.324) pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UCS (CEP-UCS) e conduzido de acordo com a resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, que aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Fizeram parte da amostra 20 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 30 a 59 anos, divididos em dois grupos; Grupo Fratura de Tornozelo (GFT) e o Grupo Controle (GC). O GFT foi composto por dez participantes em pós-operatório de fratura de tornozelo cadastrados no Centro Clínico da UCS (CECLIN-UCS); enquanto o GC foi composto por dez participantes saudáveis. O número amostral foi estabelecido por conveniência, mediante pesquisa nos prontuários do CECLIN-UCS; portanto, esse número amostral foi determinado de forma intencional e não probabilística.

Foram incluídos no GFT participantes: a) pós-fratura de tornozelo unimaleolar, bimaleolar e trimaleolar tratada com redução aberta e fixação interna; b) reabilitados no CECLIN-UCS, através de tratamento específico para a articulação do tornozelo num

período máximo de um ano após fratura de tornozelo; c) que se locomoviam de forma independente sem auxílio de dispositivos de locomoção; d) que apresentaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado. Foram excluídos do GFT participantes: a) que apresentassem lesão não relacionada à fratura do tornozelo; b) que relatassem complicações pós-operatórias agudas; c) que apresentassem alterações no membro inferior contralateral; c) com quadros algícos presentes; d) com instabilidades cardiovasculares; e) obesos, com índice de massa corporal (IMC) acima de 30 kg/m^2 ; f) que apresentassem déficits cognitivos que interferissem no entendimento do TCLE e/ou no entendimento das avaliações; g) e que não assinassem o TCLE.

Após a aprovação do CEP, foi realizada uma pesquisa e análise de prontuários no banco de dados do CECLIN-UCS para seleção dos participantes do GFT. Após, determinou-se o GC, considerando-se pareamento por sexo e idade, sendo a idade com intervalo máximo de um ano de diferença entre os participantes do GFT e GC. Para fazer parte do GC, o participante: a) não deveria apresentar histórico de lesões nos tornozelos; b) deveria se locomover de forma independente; c) não deveria apresentar quadros algícos; d) não poderia ser obeso, deveria ter IMC abaixo de 30 kg/m^2 ; e) não deveria apresentar déficits cognitivos que interferissem no entendimento do TCLE e/ou no entendimento das avaliações; f) deveria assinar o TCLE.

Posteriormente, foi realizado contato telefônico com os participantes com o intuito de explicar os objetivos e procedimentos do estudo e convidá-los a fazer parte da pesquisa. Uma vez em concordância, foi agendado o dia para a realização das avaliações. Vale ressaltar que todas as explicações utilizaram uma linguagem acessível para que os participantes entendessem perfeitamente o que estava sendo proposto.

No dia da avaliação, os participantes receberam mais informações sobre a pesquisa, tiraram suas dúvidas e assinaram o TCLE. Após, preencheram um questionário com informações pessoais para identificação, foram coletados dados antropométricos e questões referentes a sua situação de saúde. Para avaliar sintomas e limitações funcionais o GFT preencheu o questionário FAOS (*Foot and Ankle Outcome Score*) validado para o português (Imoto *et al.*, 2009), adaptado de KOOS (*Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*), composto de cinco dimensões (dor, sintomas atividades de vida diária, esporte e recreação, e qualidade de vida) (Tapaninaho *et al.*, 2022). Cada item recebe uma pontuação de acordo com a escala do tipo Likert, de 0 a 4 pontos: nenhum, leve, moderado, grave e extremo e a soma bruta das pontuações foram transformadas em uma

escala normalizada 0 (sintomas extremos) a 100 (sem sintomas) (Tapaninaho *et al.*, 2022). A versão em português deste questionário é altamente reprodutível, tanto inter como intra-examinador, possibilitando a avaliação do estado de saúde do paciente de forma objetiva (Imoto *et al.*, 2009).

Finalizado o preenchimento dos questionários os participantes seguiram para a avaliação da marcha e do equilíbrio. Para ambas avaliações foi utilizado o Baiobit Ravelo (BTS Bioengineering, Milão, Itália) que é uma unidade de medida inercial (IMU) que integra um acelerômetro triaxial (sensibilidade: ± 2 , ± 4 , ± 8 e ± 16 g; faixa de frequência: 4-1000 Hz), um giroscópio triaxial (± 250 , ± 500 , ± 1000 e $\pm 2000^\circ/\text{s}$; faixa de frequência: 4-8000 Hz) e um magnetômetro triaxial de 13 bits (± 1200 μT ; faixa de frequência: 100 Hz). O dispositivo já foi previamente validado e demonstrou viabilidade para realizar a análise da marcha (Del Din; Godfrey; Rochester, 2015; Gieysztor; Kowal; Paprocka-Borowicz, 2021); além de já foi utilizado previamente por este grupo de pesquisa (Ciotta *et al.*, 2025). O Baiobit foi fixado na região sacral dos participantes e conectado via Bluetooth a um notebook. Os participantes, utilizaram roupas e calçados confortáveis. Para a avaliação da marcha, foram instruídos a caminhar em velocidade autoselecionada e segura, ao longo de um percurso reto de sete metros, ida e volta, para adaptação. Em seguida, foram orientados a repetir a trajetória durante 1 minuto para coleta de dados. Foram analisados os valores médios dos seguintes parâmetros espaçotemporais: velocidade (m/s), cadência (passos/min), comprimento da passada (m) e tempo da passada (s).

Para a avaliação do equilíbrio, foi solicitado aos participantes que se sustentem em apoio unipodal, durante 30 segundos. Cada participante foi instruído a ficar em pé, descalço e tentar manter a postura ortostática da maneira mais estável (“parada”) possível. Esse mesmo procedimento foi repetido três vezes, para adaptação, em seguida, realizaram o apoio unipodal novamente três vezes para a coleta de dados. Das três avaliações realizadas, foi selecionada a avaliação com menor variabilidade (menor desvio padrão). Para análise do equilíbrio, foram selecionadas as seguintes variáveis: amplitude de oscilação na direção ântero-posterior (AO_ap, em milímetros) e na direção médio-lateral (AO_ml, em milímetros), velocidade de oscilação na direção ântero-posterior (VEL_ap, em milímetros por segundo) e na direção médio-lateral (VEL_ml, em milímetros por segundo) e o comprimento total do deslocamento do centro de força (COP, em milímetros).

Já para avaliar a funcionalidade dos membros inferiores, foi utilizado o YBT. O protocolo utilizado para essa avaliação foi o de Plisky *et al.* (2009). O paciente foi posicionado centralmente à três fitas métricas colocadas no solo, nas direções anterior (Ant.), pósterio-medial (PM) e pósterio-lateral (PL), em apoio unipodal no membro inferior a ser testado e com as mãos na cintura. Foi solicitado que o participante alcançasse a maior distância possível em cada uma das direções, realizando três repetições de treinamento e três repetições de teste. Foi registrada a maior distância alcançada em cada direção para a comparação entre os membros e a média de cada uma das três medidas para analisar o desempenho total, através da pontuação composta, sendo: Pontuação Composta = (soma da média das três direções / três X comprimento do membro inferior) X 100 (%). Diferenças menores do que 10% indicam simetria entre membros (Plisky *et al.*, 2009; Wiprich *et al.*, 2022).

A ordem de avaliação da marcha, equilíbrio e funcionalidade foi determinada de forma aleatória, através de um sorteio em envelope pardo. Entre cada uma das avaliações, foi dado o tempo de cinco minutos de descanso e entre as avaliações dos membros inferiores o tempo de um minuto. Para os participantes do GFT, o membro não-fraturado foi o primeiro a ser avaliado; enquanto que para o GC o primeiro a ser avaliado foi o membro inferior dominante.

Para a análise estatística, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk verificou uma distribuição paramétrica dos dados. Devido a isso, para a comparação dos antropométricos dos grupos (idade, massa corporal, estatura e IMC) foi utilizado o teste T não pareado. Já os dados da marcha e do equilíbrio, ou seja, as variáveis dependentes, foram divididas em duas categorias: variáveis bipodais (velocidade e cadência) e variáveis unipodais (comprimento do passo, tempo do passo, AO_ap, AO_ml, VEL_ap, VEL_ml, COP, YBT pontuação composta, YBT_Ant., YBT_PM e YBT_PL). Para a análise estatística das variáveis bipodais foi realizado um teste T para medidas independentes para comparar o GFT com GC. Foi calculado o intervalo de confiança de 95% (IC_{95%}). Já para a análise estatística das variáveis unipodais foi realizado uma ANOVA de um fator sendo o fator dividido em três níveis: membro inferior fraturado do GFT (GFT_F), membro inferior saudável do GFT (GFT_S) e membro inferior direito do GC (GC_D). Foi calculado o tamanho de efeito eta quadrado (η^2) da ANOVA de cada teste realizado (Iacobucci *et al.*, 2023). Quando diferenças significativas foram encontradas foi realizada a análise *post-hoc* com correção de Bonferroni. Todos

procedimentos estatísticos adotados foram realizados conforme as recomendações de Field (2024), com alfa de 0,05 e o software utilizado foi o SPSS 22.0 (*Statistical Package to Social Sciences for Windows*).

3. RESULTADOS

A tabela 1 demonstra que não foram encontradas diferenças nas variáveis antropométricas (idade, massa corporal, estatura e IMC) entre GFT e GC. Com relação ao procedimento cirúrgico dos participantes do GFT, todos os participantes apresentaram passaram por procedimento cirúrgico com colocação de placa e parafuso, sendo um devido à fratura trimaleolar, três devido à fratura bimaleolar e seis devido à fratura unimaleolar (quatro de maléolo lateral e duas de maléolo medial). O período entre o procedimento cirúrgico e a avaliação variou entre 9 e 15 meses todos já tendo recebido alta fisioterapêutica no momento da avaliação.

Na análise das variáveis bipodais da marcha (Tabela 2), a velocidade do GFT foi significativamente inferior à do GC, com tamanho de efeito moderado.

Tabela 1: Características dos participantes e resultado do questionário (M \pm DP).

Características	GFT M \pm SD	GC M \pm SD	p
Sexo (Feminino/Masculino)	4/6	4/6	0.055
Idade (anos)	48,60 \pm 8,85 (42,27 - 54,93)	49,10 \pm 8,61 (42,94 - 55,26)	0,899 (-0,128)
Massa corporal (kg)	82,60 \pm 11,81 (74,15 - 91,05)	74,80 \pm 11,99 (66,22 - 83,38)	0,160 (1,465)
Estatura (m)	1,71 \pm 0,06 (1,66 - 1,76)	1,71 \pm 0,08 (1,65 - 1,76)	0,975 (0,031)
IMC (Kg/m ²)	24,14 \pm 3,09 (21,93 - 26,35)	21,81 \pm 2,75 (19,84 - 23,78)	0,091 (1,784)
Pós-operatório (meses)	12,15 \pm 2,00 (10,72 - 13,58)		
FAOS (pontos)	53,10 \pm 36,89 (25,93 - 61,47)		

M: média. DP: desvio padrão. GFT: grupo fratura de tornozelo. GC: grupo controle. kg: quilogramas. m: metros. IMC: índice de massa corporal. kg/m²: quilograma por metro quadrado. FAOS: *Foot and Ankle Outcome Score*.

Tabela 2: Resultados descritivos e inferenciais (teste T de student independente) das variáveis bipodais da marcha.

Variáveis bipodais	GFT M \pm DP (IC _{95%})	GC M \pm DP (IC _{95%})	Sig TE
Velocidade da marcha (m/s)	0,97 \pm 0,13 (0,88 - 1,07)	1,26 \pm 0,19 (1,12 - 1,40)	0,002* L
Cadência (passos/min)	105,25 \pm 11,31 (97,16 - 113,34)	110,71 \pm 14,38 (100,42 - 121,00)	0,358 M

GFT: grupo fratura de tornozelo. GC: grupo controle. M: média. DP: desvio padrão. IC_{95%}: intervalo de confiança de 95% dos dados. Sig: valor de p para o teste T de medidas repetidas; TE: classificação do tamanho do efeito (N: d negligenciável [menor que 0,2]; S: d pequeno [0,20–0,49]; M: d médio [0,5–0,79]; L: d grande [0,8 ou maior]). m/s: metros por segundo. passos/min: passos por minuto. Comparações significativas são destacadas com um asterisco (*).

Já a tabela 3 apresenta a análise das variáveis unipodais. O comprimento do passo do membro dominante do grupo controle (GC_D) apresentou valor médio superior a ambos os membros do GFT (GFT_S e GFT_F). Com relação às variáveis do equilíbrio, com exceção do COP, o membro fraturado do GFT (GFT_F) demonstrou valores médios significativamente maiores que o membro dominante do GC (GC_D), refletindo um pior desempenho do GFT.

Com relação aos resultados do YBT, os valores médios da pontuação composta, do YBT_PM e do YBT_PL do membro dominante do GC (GC_D) foram significativamente superiores à ambos os membros do GFT (GFT_S e GFT_F).

Tabela 3: Resultados descritivos e inferenciais (ANOVA fatorial) das variáveis unipodais da marcha e do equilíbrio.

Variáveis unipodais	GFT_F M \pm DP (IC _{95%})	GFT_S M \pm DP (IC _{95%})	GC_D M \pm DP (IC _{95%})	Sig TE
Comprimento do passo (m)	1,27 \pm 0,18 (1,14 - 1,4)	1,30 \pm 0,21 (1,16 - 1,45)	1,64 \pm 0,31 (1,42 - 1,86)	0,003* L GC_D>GFT_F=GFT_S
Tempo do passo (s)	1,22 \pm 0,12 (1,13 - 1,31)	1,26 \pm 0,17 (1,14 - 1,37)	1,19 \pm 0,19 (1,05 - 1,33)	0,473 N
AO_ap (mm)	112,63 \pm 97,67 (44,95 - 180,30)	69,88 \pm 38,11 (43,47 - 96,28)	31,38 \pm 7,19 (26,39 - 36,36)	0,046* M GFT_F>GC_D
AO_ml (mm)	58,38 \pm 23,00 (42,44 - 74,31)	43,38 \pm 18,80 (30,35 - 56,40)	29,75 \pm 10,55 (22,44 - 37,06)	0,017* L GFT_F>GC_D
VEL_ap (mm/s)	23,74 \pm 9,21 (17,36 - 30,12)	18,18 \pm 9,00 (11,94 - 24,41)	8,46 \pm 2,48 (6,74 - 10,17)	0,002* L GFT_F>GC_D

VEL_ml (mm/s)	20,77 ± 10,25 (13,67 - 27,87)	13,52 ± 8,11 (7,90 - 19,14)	7,56 ± 3,77 (4,95 - 10,18)	0,011* L GFT_F>GC_D
COP (mm)	689,63 ± 370,72 (432,73 - 946,52)	475,13 ± 217,28 (324,56 - 625,69)	354,50 ± 135,31 (260,74 - 448,26)	0,052
YBT pontuação composta (%)	65,97 ± 11,94 (57,43 - 74,52)	67,4 ± 12,43 (58,5 - 76,29)	81,48 ± 8,68 (75,27 - 87,69)	0,007* L GC_D>GFT_F=GFT_S
YBT_Ant. (cm)	54,86 ± 12,17 (46,15 - 63,56)	57,08 ± 14,86 (46,45 - 67,71)	63,2 ± 5,66 (59,15 - 67,25)	0,266 N
YBT_PM (cm)	68,83 ± 14,25 (58,64 - 79,02)	71,28 ± 11,95 (62,74 - 79,83)	83,27 ± 13,27 (73,77 - 92,76)	0,047* M GC_D>GFT_F=GFT_S
YBT_PL (cm)	58,33 ± 14,95 (47,63 - 69,02)	58,39 ± 16,98 (46,25 - 70,54)	76,60 ± 12 (68,01 - 85,19)	0,014* L GC_D>GFT_F=GFT_S

GFT: grupo fratura de tornozelo. GC: grupo controle. M: média. DP: desvio padrão. IC_{95%}: intervalo de confiança de 95% dos dados. Sig: valor de p para a ANOVA fatorial; TE: classificação do tamanho do efeito (N: d negligenciável [menor que 0,2]; S: d pequeno [0,20–0,49]; M: d médio [0,5–0,79]; L: d grande [0,8 ou maior]). AO_ap: amplitude de oscilação na direção ântero-posterior. AO_ml: amplitude de oscilação na direção médio-lateral. VEL_ap: velocidade de oscilação na direção ântero-posterior. VEL_ml: velocidade de oscilação na direção médio-lateral. COP: comprimento total do deslocamento do centro de força. YBT: *Y balance test*. Ant: direção anterior. PM: direção pósterio-medial. PL: direção pósterio-lateral. m: metros. s: segundos. mm: milímetros. mm/s: milímetros por segundo. cm: centímetros. Comparações significativas são destacadas com um asterisco (*). ND: post-hoc não detectável – todos os valores de p da análise post-hoc com correção de Bonferroni foram maiores que 0,05.

4. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a marcha, o equilíbrio e a funcionalidade de pacientes 12 meses após procedimento cirúrgico pós-fratura de tornozelo. Na análise dos parâmetros espaçotemporais bipodais da marcha, a velocidade dos pacientes pós-fratura (GFT) foi inferior aos controles (GC). Já na análise dos parâmetros unipodais, o GFT apresentou desempenhos inferiores no comprimento do passo, a maioria das variáveis do equilíbrio (AO_ap, AO_ml, VEL_ap, VEL_ml), e do YBT (pontuação composta e direções PM e PL) na comparação com o GC. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas na comparação entre o membro pós-fratura e o membro saudável dos participantes do GFT. Além disso, ao observar os valores médios de FAOS (53,10 ± 36,89) do GFT e considerando o tempo pós-fratura médio de 12 meses, pode-se sugerir que esses pacientes apresentavam limitações funcionais (Crönlein *et al.*, 2015; Segal *et al.*, 2014). Crönlein *et al.* (2015) avaliaram oito pacientes 12 semanas após fratura trimaleolar e apresentaram FAOS médio de 51,70 (± 12,50). Já

Segal *et al.* (2014) avaliaram 41 pacientes pós-fratura unimaleolar (70 dias pós-fratura de média), bimaleolar (68 dias pós-fratura de média) e trimaleolar (64 dias pós-fratura de média) e, respectivamente, os resultados médios foram 59,00 ($\pm 18,00$), 37,70 ($\pm 15,40$) e 40,40 ($\pm 20,00$) pontos. A revisão sistemática de Sierevelt *et al.* (2018) confirmou que o FAOS, apesar dos cuidados necessários para uma adequada interpretação dos resultados, é uma ferramenta promissora para a avaliação clínica de problemas de tornozelo e pé.

Com relação às variáveis da marcha, a velocidade inferior de pacientes com fratura de tornozelo apresentou-se similar a estudos prévios. Van Hove *et al.* (2019) avaliaram 33 pacientes (média de 18 meses após a cirurgia) e também encontraram redução da velocidade na comparação a um GC. Além da velocidade, alguns estudos observaram alterações em outros parâmetros da marcha, como o estudo de Fernández-Gorgojo *et al.* (2023) que avaliou 21 pacientes pós-fratura bimaleolar seis e 12 meses após a cirurgia e além da velocidade, a cadência também se apresentou inferior ao GC. Em avaliações realizadas seis meses após os procedimentos cirúrgicos, Tyler *et al.* (2020) e Segal *et al.* (2014) identificaram diminuição da velocidade e do comprimento do passo de dez e 41 participantes, respectivamente. Já na pesquisa de Fernández-Gorgojo *et al.* (2022) avaliou dez pacientes e houve redução na velocidade, cadência e comprimento da passada na comparação com o GC após seis meses. No estudo de Zhu *et al.* (2022) foram avaliados 12 pacientes com fratura trimaleolar após quatro meses e meio do procedimento cirúrgico e na comparação com o GC e foram observadas reduções na velocidade e comprimento da passada e uma aumento na largura do passo e tempo de apoio simples. Hsu *et al.* (2022) relacionaram uma amostra de dez pacientes com diferentes tipos de fratura de tornozelo com um grupo de dez controles; e constataram que após quatro meses os pacientes apresentaram velocidade, cadência e o comprimento de passo diminuídos. Então, pode-se perceber que quanto menor o período entre o procedimento cirúrgico pós-fratura de tornozelo e a avaliação da marcha, mais variáveis se encontram alteradas.

Quanto as variáveis unipodais da marcha, não foram encontradas diferenças significativas entre os membros do GFT (GFT_F x GFT_S). As avaliações de assimetrias são importantes para a geração de dados sobre a funcionalidade dos membros inferiores (Lago-Fuentes *et al.*, 2020). Segal *et al.* (2014) e Zhu *et al.* (2022) encontraram o comprimento do passo e o tempo de apoio unipodal significativamente inferior no membro fraturado 66 dias após fraturas maleolares, biomaleolares e trimaleolares e após

quatro meses de fraturas trimaleolares, respectivamente. Já Fernández-Gorgojo *et al.* (2022) demonstram que, seis meses após fraturas bimalleolares, o comprimento da passada, o tempo da passada e o tempo de apoio unipodal do membro fraturado se mantinham inferiores aos do membro saudável. Wang *et al.* (2010) avaliaram 18 pacientes 12 meses após o procedimento cirúrgico pós-fratura e observaram apenas o tempo de apoio unipodal diferente entre os membros. No entanto, o tempo de avaliação pós-fratura parece ser um fator importante para a marcha, visto que avaliações realizadas em um período inferior a 12 meses demonstraram alterações nos parâmetros espaçotemporais, tanto de parâmetros unipodais e bipodais.

Com relação às variáveis do equilíbrio, não foram encontradas diferenças significativas entre os membros, mas algumas diferenças foram encontradas entre os grupos. Pesquisas prévias corroboram com esses achados (Dudek *et al.*, 2014; Nilsson *et al.*, 2006). Dudek *et al.* (2014) avaliaram 21 pacientes pós-fraturas tratadas cirurgicamente (avaliação realizada pelo menos um ano após a cirurgia) e o valor médio da velocidade do COP no sentido ântero-posterior em apoio unipodal foi maior no membro fraturado e os valores médios da velocidade do COP no sentido látero-medial, valor médio da transição e comprimento médio do percurso foram maiores para o grupo fraturado. Já Nilsson *et al.* (2006) avaliaram 54 pacientes pós-fratura (média de 14 meses após a cirurgia) e 54 participantes saudáveis em apoio unipodal e foram encontradas diferenças significativas entre o membro fraturado e o não fraturado no plano sagital, e entre os pacientes fratura com o membro contralateral foram encontradas diferenças significativas em relação a velocidade média quando comparado ao grupo controle e o membro dominante.

Os resultados do YBT demonstraram que o GC_D apresentou valores médios do YBT_PM e YBT_PL superiores aos do GFT_F e GFT_S. Na análise da pontuação composta, o GFT_F e o GFT_S obtiveram 65,97% ($\pm 11,94$) e 67,40% ($\pm 12,43$), respectivamente; valores médios inferiores aos 94% recomendados pela literatura (Plisky *et al.*, 2009). Salas-Gómez *et al.* (2022B) avaliaram 21 pacientes com fratura bimalleolar, e na comparação com o grupo controle e com o membro saudável, o membro operado demonstrou valores médios significativamente inferiores na direção Ant. e na pontuação composta após seis e 12 meses da cirurgia. Na análise da pontuação composta, esse mesmo estudo demonstrou resultados próximos aos 94%, tanto o membro fraturado (86,6%) como o membro saudável (91,3%). Porém, vale ressaltar que os parâmetros

considerados como normativos da pontuação composta para o YBT se baseiam na avaliação de atletas (Lago-Fuentes *et al.*, 2020), uma amostra muito diferente do perfil de pacientes avaliados na presente pesquisa.

A análise da marcha, do equilíbrio e da função motora possibilita caracterizar objetivamente o desempenho e as alterações decorrentes da fratura do tornozelo. São análises importante tanto na prática clínica como em pesquisas científicas para avaliar a eficiência das intervenções que estão sendo realizadas. Especificamente após uma fratura de tornozelo, é importante identificar parâmetros clínicos que podem estar condicionando a recuperação da função motora fundamentais para o acompanhamento da progressão de uma reabilitação assertiva e efetiva (Plisky *et al.*, 2021; Salas-Gómez *et al.*, 2022B).

Entretanto, a presente pesquisa apresenta algumas limitações. A primeira está relacionada ao tamanho da amostra, que apesar de ser considerada adequada para estudos de análise de marcha, julga-se um número amostral pequeno para fornecer uma referência significativa das análises. Porém, o grande tamanho de efeito e alto poder estatístico na maioria das análises auxiliam a minimizar essa limitação. A segunda limitação a ser destacada está relacionada ao estudo ser transversal, permitindo a avaliação em apenas um momento e impossibilitando o acompanhamento da evolução desses pacientes.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo, conclui-se que, após 12 meses da fratura maleolar de tornozelo, os pacientes ainda apresentaram alterações na marcha, no equilíbrio e na funcionalidade em comparação com indivíduos saudáveis. No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os membros do grupo pós-fratura. Portanto, embora tais alterações ainda persistam após um ano do procedimento cirúrgico, os avaliados apresentaram independência funcional, sugerindo protocolos fisioterapêuticos padrão constituem ferramentas eficazes na reabilitação pós-fratura de tornozelo.

REFERÊNCIAS

ALBIN, S. R. *et al.* Short-term effects of manual therapy in patients after surgical fixation of ankle and/or hindfoot fracture: a randomized clinical trial. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 5, p. 310-319, 2019.

BLAIR, S. *et al.* Magnitude and variability of gait characteristics when walking on an irregular surface at different speeds. **Human Movement Science**, v. 59, p. 112-120, 2018.

CANTON, G. *et al.* Fibula fractures management. **World Journal of Orthopedics**, v. 12, n. 5, p. 254-269, 2021.

CIOTTA, S. D. *et al.* Does the gestational trimester influence walking parameters in pregnant women during a dual-task activity? **Perceptual and Motor Skills**, v. 0, n. 0, p. 1-7, 2025.

CHAPARRO-CÁRDENAS, S. L. *et al.* A review in gait rehabilitation devices and applied control techniques. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 13, n. 8, p. 819-834, 2018.

CRÖNLEIN, M. *et al.* Visualization of stress fractures of the foot using PET-MRI: a feasibility study. **European Journal of Medical Research**, v. 20, p. 1-7, 2015.

DEL DIN, S.; GODFREY, A.; ROCHESTER, L. Validation of an accelerometer to quantify a comprehensive battery of gait characteristics in healthy older adults and Parkinson's disease: toward clinical and at home use. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 20, n. 3, p. 838-847, 2015.

DELEU, P.-A. *et al.* Post-sprain versus post-fracture post-traumatic ankle osteoarthritis: impact on foot and ankle kinematics and kinetics. **Gait & Posture**, v. 86, p. 278-286, 2021.

DOMÍNGUEZ-NAVARRO, F. *et al.* Impact of hip abductor and adductor strength on dynamic balance and ankle biomechanics in young elite female basketball players. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 3491, 2022.

DUDEK, K. *et al.* Assessment of standing balance in patients after ankle fractures. **Acta of Bioengineering and Biomechanics**, v. 16, n. 4, p. 59-65, 2014.

EKINCI, M. *et al.* A prospective evaluation of strength and endurance of ankle dorsiflexors-plantar flexors after conservative management of lateral malleolar fractures. **Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 67, n. 3, p. 300-307, 2021.

ELSOE, R.; OSTGAARD, S. E.; LARSEN, P. Population-based epidemiology of 9767 ankle fractures. **Foot and Ankle Surgery**, v. 24, n. 1, p. 34-39, 2018.

FERNÁNDEZ-GORGOJO, M. *et al.* Analysis of dynamic plantar pressure and influence of clinical-functional measures on their performance in subjects with bimalleolar ankle fracture at 6 and 12 Months post-surgery. **Sensors**, v. 23, n. 8, p. 3975, 2023.

FERNÁNDEZ-GORGOJO, M. *et al.* Clinical–functional evaluation and test–retest reliability of the g-walk sensor in subjects with bimalleolar ankle fractures 6 months after surgery. **Sensors**, v. 22, n. 8, p. 3050, 2022.

FIELD, A. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics**. Sage Publications Limited, 2024.

GIEYSZTOR, E.; KOWAL, M.; PAPROCKA-BOROWICZ, M. Gait parameters in healthy preschool and school children assessed using wireless inertial sensor. **Sensors**, v. 21, n. 19, p. 6423, 2021.

GUNDTOLT, P. H.; PEDERSEN, A. B.; VIBERG, B. Incidence, treatment, and mortality of ankle fractures: a Danish population-based cohort study. **Acta Orthopaedica**, v. 96, p. 203-208, 2025.

HSU, C-Y. *et al.* Differences in gait and trunk movement between patients after ankle fracture and healthy subjects. **Biomedical Engineering Online**, v. 18, p. 1-13, 2019.

HUYNH, B.; TACKER, R.; HUNG, Y.-J. Active ankle position sense and single-leg balance in runners versus non-runners. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 37, n. 12, p. 1429-1437, 2021.

IACOBUCCI, D. *et al.* How to calculate, use, and report variance explained effect size indices and not die trying. **Journal of Consumer Psychology**, v. 33, n. 1, p. 45-61, 2023.

IMOTO, A. M. *et al.* Translation, cultural adaptation and validation of Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) questionnaire into Portuguese. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17, p. 232-235, 2009.

JUTO, H.; NILSSON, H. MORBERG, P. Epidemiology of adult ankle fractures: 1756 cases identified in Norrbotten County during 2009–2013 and classified according to AO/OTA. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 19, p. 1-9, 2018.

LAGO-FUENTES, C. *et al.* Epidemiology of injuries in elite female futsal players: a prospective cohort study. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 12, p. 885-890, 2020.

MCKEOWN, R. *et al.* Patient experiences of an ankle fracture and the most important factors in their recovery: a qualitative interview study. **BMJ Open**, v. 10, n. 2, p. e033539, 2020.

MIRANDO, M. *et al.* Gait alterations in adults after ankle fracture: a systematic review. **Diagnostics**, v. 12, n. 1, p. 199-220, 2022.

NILSSON, G. *et al.* Balance in single-limb stance after surgically treated ankle fractures: a 14-month follow-up. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 7, p. 1-8, 2006.

PLISKY, P. *et al.* Systematic review and meta-analysis of the Y-balance test lower quarter: reliability, discriminant validity, and predictive validity. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 16, n. 5, p. 1190-1209, 2021.

PLISKY, P. J. *et al.* The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. **North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT**, v. 4, n. 2, p. 92-99, 2009.

POWDEN, C. J.; DODDS, T. K.; GABRIEL, E. H. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter y-balance test in healthy adults: a systematic review. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 5, p. 683-694, 2019.

RYDBERG, E. M. *et al.* Epidemiology of more than 50,000 ankle fractures in the Swedish Fracture Register during a period of 10 years. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, v. 18, n. 1, p. 79, 2023.

SALAS-GÓMEZ, D. *et al.* Measuring recovery and understanding long-term deficits in balance, ankle mobility and hip strength in people after an open reduction and internal fixation of bimalleolar fracture and their impact on functionality: A 12-month longitudinal study. **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 9, p. 2539, 2022A.

SALAS-GÓMEZ, D. *et al.* Quantifying balance deficit in people with ankle fracture six months after surgical intervention through the Y-Balance test. **Gait & Posture**, v. 95, p. 249-255, 2022B.

SEGAL, G. *et al.* Clinical outcomes following ankle fracture: a cross-sectional observational study. **Journal of Foot and Ankle Research**, v. 7, p. 1-7, 2014.

SCHEER, R. C. *et al.* Ankle fracture epidemiology in the United States: patient-related trends and mechanisms of injury. **The Journal of Foot and Ankle Surgery**, v. 59, n. 3, p. 479-483, 2020.

SIEREVELT, I. N. *et al.* Measurement properties of the most commonly used Foot-and Ankle-Specific Questionnaires: the FFI, FAOS and FAAM. A systematic review. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 26, p. 2059-2073, 2018.

TAPANINAHU, K. *et al.* Structural validity of the foot and ankle outcome score for orthopaedic pathologies with Rasch Measurement Theory. **Foot and Ankle Surgery**, v. 28, n. 2, p. 193-199, 2022.

TYLER, A. F. *et al.* Comparison of spatiotemporal gait parameters following operative treatment of Trimalleolar ankle fractures vs healthy controls. **Foot & Ankle Orthopaedics**, v. 5, n. 3, p. 2473011420931052, 2020.

VAN HOEVE, S. *et al.* Gait analysis related to functional outcome in patients operated for ankle fractures. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 37, n. 7, p. 1658-1666, 2019.

WANG, R. *et al.* One year follow-up after operative ankle fractures: a prospective gait analysis study with a multi-segment foot model. **Gait & Posture**, v. 31, n. 2, p. 234-240, 2010.

WIPRICH, M. T. *et al.* Assessment of the lower extremity functional and muscular performance in young female handball athletes. **Kinesiology**, v. 54, n. 1, p. 62-71, 2022.

ZHU, T. *et al.* Clinical assessments and gait analysis for patients with Trimalleolar fractures in the early postoperative period. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 23, n. 1, p. 663, 2022.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Denilce de Jesus Drum: Conceituação, design metodológico, coleta de dados.

Maria Vitória Bitencourth da Rosa: Conceituação, design metodológico, coleta de dados.

Patrícia Herpich: Conceituação, design metodológico, coleta de dados.

Ananda Oliveira Silveira: Conceituação, design metodológico, coleta de dados.

Carlos Henrique Andreatta Koraleski: Conceituação, design metodológico, coleta de dados.

Raquel Saccani: Conceituação, design metodológico, análise dos dados e redação do manuscrito.

Guilherme Auler Brodt: Conceituação, design metodológico, análise dos dados e redação do manuscrito.

Leandro Viçosa Bonetti: Conceituação, design metodológico, análise dos dados e redação do manuscrito.