



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS MÉDICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA

ROMERO MONTENEGRO NERY

**AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS PACIENTES COM FRATURAS DO
TORNOZELO ASSOCIADAS A LESÃO DOS LIGAMENTOS DA SINDESMOSE
SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO**

RECIFE

2023

ROMERO MONTENEGRO NERY



**AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS PACIENTES COM FRATURAS DO
TORNOZELO ASSOCIADAS A LESÃO DOS LIGAMENTOS DA SINDESMOSE
SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cirurgia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Cirurgia.

Área de concentração: Cirurgia Clínica e Experimental.

Orientador: Prof. Dr Eptácio Leite Rolim Filho

RECIFE
2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4: 1895

N456a Nery, Romero Montenegro.
Avaliação biomecânica dos pacientes com fraturas do tornozelo associadas a lesão dos ligamentos da sindesmose submetidos a tratamento cirurgico / Romero Montenegro Nery – 2023.
77 p.

Orientador: Eptácio Leite Rolim Filho
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Médicas. Programa de Pós-Graduação em Cirurgia. Recife, 2023.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Fratura do tornolezo. 2. Avaliação tridimensional da marcha. 3. Sindesmose. 4. Fratura. 5. Tornolezo. Rolim Filho, Eptácio Leite (orientador). II. Título.

617 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2023 - 240)

ROMERO MONTENEGRO NERY

**AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS PACIENTES COM FRATURAS DO
TORNOZELO ASSOCIADAS A LESÃO DOS LIGAMENTOS DA SINDESMOSE
SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cirurgia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Cirurgia.

Área de concentração: Cirurgia Clínica e Experimental.

Aprovado em: 27/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Epitácio Leite Rolim Filho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Maria Inês Remígio (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Múcio Vaz de Almeida (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

*Dedico à minha esposa, meu filho, meus familiares e colegas de profissão
que me apoiaram nesta iniciativa.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por ter me dado a oportunidade de chegar até essa fase da minha vida.

Agradeço também a minha **família**, pela compreensão, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu **orientador** e **colegas** que ajudaram de alguma forma, por todo amparo e atenção.

RESUMO

As fraturas do tornozelo são lesões comuns e ainda desafiadoras no dia-dia do ortopedista, e quando vem associadas a lesão da articulação tíbio-fibular distal (sindesmose), aumentam as chances de algum tipo de sequela, mesmo quando tratadas corretamente. A avaliação tridimensional dos pacientes no laboratório de marcha é um método diagnóstico que vem ganhando espaço nas várias patologias ortopédicas e, no caso das fraturas do tornozelo, pode detalhar com mais precisão o grau de limitação que a articulação pode apresentar. O objetivo foi apresentar a importância do estudo da marcha em laboratório no pós-operatório das fraturas do tornozelo associadas a lesões dos ligamentos da sindesmose. Foi utilizado um estudo transversal de 13 pacientes submetidos a tratamento cirúrgico das fraturas do tornozelo associada a lesão da sindesmose, no laboratório de marcha do Instituto Rolim, onde foram coletados dados temporais, clínicos, exame físico dos membros inferiores e, principalmente, dados cinéticos e cinemáticos através de sistema tridimensional de movimento com uso do programa Hardware BTS GAITLAB. Os dados que descrevem as características demográficas dos 13 pacientes elegíveis, evidenciam que a maior parte dos pacientes são do sexo feminino (69,2%). O tempo transcorrido entre a cirurgia e a realização do exame de marcha teve uma média de 12,7 meses. A maioria dos pacientes foi Classificado como AO 44 B2 e Lauge-Hansen Supinação-Rotação Externa. A Escala AOFAS variou entre 78 e 96 (média de 90). Foi possível notar que o lado operado com maior frequência foi o esquerdo, com 61,5% do total. Alterações sutis foram encontradas nos Parâmetros Temporais, Espaciais e nos Ângulos Estatísticos das articulações dos membros inferiores. Nem o valor médio observado de GPS nem do GDI foram estatisticamente diferentes do valor padrão. Os resultados do estudo sugerem que as características cinéticas e cinemáticas da marcha variam pouco entre os pacientes que se operaram de uma fratura de tornozelo com lesão da sindesmose, e que o estudo no Laboratório de Marcha trará grandes benefícios tanto para entender as possíveis limitações que o paciente pode apresentar, como para formar protocolos de reabilitação mais precoce e consequentemente melhorar os resultados a curto e longo prazo.

Palavras-chave: fratura do tornozelo; avaliação tridimensional da marcha; sindesmose; fratura; Tornozelo.

ABSTRACT

Ankle fractures are common and still challenging injuries in orthopedic surgeons' daily routine, and when they are associated with a distal tibio-fibular joint injury (syndesmosis), the chances of some kind of sequelae increase, even when treated correctly. Three-dimensional assessment of patients in the gait laboratory is a diagnostic method that has been gaining space in various orthopedic pathologies and, in the case of ankle fractures, it can detail more precisely the degree of limitation that the joint may present. To present the importance of a laboratory gait study in the post-operative period of ankle fractures associated with lesions of the syndesmosis ligaments. A cross-sectional study of 13 patients undergoing surgical treatment of ankle fractures associated with syndesmosis injury was used at the gait laboratory of the Rolim Institute, where temporal, clinical data, physical examination of the lower limbs and, mainly, kinetic and kinematic data were collected through a three-dimensional movement system using the BTS GAITLAB hardware program. The data describing the demographic characteristics of the 13 eligible patients, evidenced that most of the patients are female (69.2%). The average time elapsed between surgery and gait examination was 12.7 months. Most patients were classified as AO 44 B2 and Lauge-Hansen External Supination-Rotation. The AOFAS Scale ranged from 78 to 96 (mean 90). It was possible to notice that the most frequently operated side was the left side, with 61.5% of the total. Subtle changes were found in the Temporal and Spatial Parameters and in the Statistical Angles of the lower limb joints. Neither the mean value observed for GPS nor for GDI were statistically different from the standard value. The results of the study suggest that the kinetic and kinematic characteristics of gait vary little among patients who had surgery for an ankle fracture with syndesmosis lesion, and that the study in the Gait Lab will bring great benefits both to understand the possible limitations that the patient may present, and to form earlier rehabilitation protocols and consequently improve short and long term results.

Keywords: ankle fracture; three-dimensional gait evaluation; syndesmosis; fracture; ankle.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Classificação AO/OTA	20
Figura 2 –	Anatomia da sindesmose tibiofibular distal: vista anterior, vista posterior, vista lateral e vista coronal proximal e distal.	20
Figura 3 –	Lesões da sindesmose: uso de botões ou parafusos	26
Figura 4 –	Dados antropométricos estáticos: distância entre as espinhas ilíacas ântero-superiores	27
Figura 5 –	Centro de Doenças Raras de Pernambuco (Rarus) e no Laboratório de Análise do Movimento do Instituto Rolim	28
Figura 6 –	Marcadores reflexivos para captura do movimento: adesivos na pele do paciente de forma indolor	29
Figura 7 –	A) Paciente em posição ortostática por cerca de 5 segundos, com os pés alinhados na parte superior da plataforma de força; B) Reconstrução tridimensional	30
Figura 8 –	Paciente foi orientado a caminhar naturalmente na pista presente do laboratório	30
Figura 9 –	Software do BTS-GAITLAB tem diferentes funções que possibilitam visualizar com detalhes os dados obtidos a multimídia: parâmetros espaço-temporais, cinemática e cinética das articulações nas diferentes fases do ciclo da marcha	31
Figura 10 –	Índices para análise da qualidade da marcha expresso como porcentagem do ciclo da marcha: temporais, especiais e estáticos	34
Figura 11 –	Índices para análise da qualidade da marcha expresso como porcentagem do ciclo da marcha: perfil, variável e derivação	35
Figura 12 –	Gráficos da análise cinemática de um dos pacientes presente no Relatório Final plano frontal, sagital e transversal	36
Figura 13 –	Gráficos da análise cinética de um dos pacientes presente no Relatório Final: análise do plano sagital	37
Gráfico 1 –	Gráficos de <i>boxplot</i> exibindo a distribuição de valores da pontuação AOFAS	42

Gráfico 2 –	Distribuição da pontuação OFAS segundo a classificação OFAS score	43
Gráfico 3 –	Gráficos de <i>boxplot</i> exibindo a distribuição de valores do tempo de pós-operatório até a data do exame	44
Figura 14 –	Percentuais de casos de acordo com a classificação AO	45
Figura 15 –	Percentuais de casos de acordo com a classificação Lauge Hanse	46
Gráfico 4 –	Distribuição das variáveis dos parâmetros temporais	49
Gráfico 5 –	Distribuição das variáveis dos parâmetros espaciais	50
Gráfico 6 –	Distribuição das variáveis segundo os ângulos estáticos	52
Gráfico 7 –	Valor do coeficiente de correlação de Kendall entre a idade e as variáveis de parâmetros temporais	54
Gráfico 8 –	Valor do coeficiente de correlação de Kendall entre a idade e as variáveis de parâmetros espaciais	55
Gráfico 9 –	Valor do coeficiente de correlação de Kendall entre a idade e as variáveis de parâmetros de ângulos estáticos	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características demográficas da amostra	40
Tabela 2 –	Variáveis observadas no exame dos pacientes	41
Tabela 3 –	Média $\pm$ DP dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes	48
Tabela 4 –	Média (desvio-padrão) dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.	50
Tabela 5 –	Média $\pm$ DP dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.	51
Tabela 6 –	Média (desvio-padrão) dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
ADM	Amplitude de movimento
AITFL	Ligamento tíbio-fibular inferior anterior
AO	<i>Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen</i>
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score
EIAS	Espinhas ilíacas ântero-superiores
FADI	Foot and Ankle Disability Measure
GDI	Gait deviation index
GMFCS	Sistema de Classificação da Função Motora Grossa
GPS	Gait profile score
HGV	Hospital Getúlio Vargas-PE
IMERF	Instituto do Movimento Epitácio Rolim Filho
IOM	Membrana interóssea
LEFS	Escala Funcional de Extremidade Inferior
LH	Lauge-Hansen
LIO	Ligamento interósseo
LTFL	Ligamento tíbio-fibular transverso
OMAS	Olerud/Molander
OTA	Orthopedic Trauma Association
PE	Pernambuco
PROM	Patient Reported Outcome Measures
PTFL	Ligamento tíbio-fibular inferior posterior
RAFI	Redução aberta com fixação interna
TC	Tomografia computadorizada
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
2	LITERATURA	18
2.1	ANATOMIA DA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO	18
2.2	FRATURAS DE TORNOZELO: LESÃO DA SINDESMOSE	19
2.3	EPIDEMIOLOGIA: FRATURAS DO TORNOZELO	21
2.4	TRATAMENTO CIRÚRGICO DO TORNOZELO	22
2.5	AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA	23
3	MÉTODOS	25
3.1	POPULAÇÃO E LOCAL DO ESTUDO	25
3.2	DESENHO DO ESTUDO	25
3.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	25
3.4	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	25
3.5	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	26
3.6	AVALIAÇÃO CLÍNICA E RADIOLÓGICA	26
3.7	AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	26
3.8	MOVIMENTO DE MARCHA: MARCADORES REFLEXIVOS	28
3.9	PROTOCOLO DE ESTUDO	28
3.10	PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS	38
3.11	ANÁLISE ESTATÍSTICA	38
3.12	PROCEDIMENTOS ÉTICOS	39
4	RESULTADOS	40
5	DISCUSSÃO	56
6	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – FICHA CLÍNICA DA PESQUISA	68

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	70
ANEXO A – AOFAS ANKLE-HINDFOOT SCALE	73
ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	74

1 INTRODUÇÃO*

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O tornozelo é uma articulação frequentemente acometida por fraturas, e está entre as mais comuns. Apresenta uma incidência de 168,7/100.000/ano em uma década. O tipo de fratura mais comum foi a fratura do maléolo lateral representando 55% dos casos. Causadas predominantemente por quedas ao chão (61%), seguido de atividades esportivas (22%)⁽¹⁾. É uma fratura muitas vezes negligenciada pelos ortopedistas gerais, os quais não dão tanta importância por terem em mente a falsa impressão de que sempre evoluem bem. Causadas principalmente por traumas torcionais, essas lesões podem levar a complicações irreparáveis caso não sejam diagnosticadas e tratadas corretamente.

O entendimento da relação dos ligamentos do tornozelo com o mecanismo do trauma rotacional que causa a fratura vai nortear qual será o tratamento mais adequado. Dentre as estruturas que compõem o complexo lateral, temos os ligamentos que mantêm a sindesmose (ou articulação tíbio-fibular distal) congruente, mantendo a fíbula e a tíbia alinhadas. Alguma lesão no tornozelo que ponha essa articulação em risco de instabilidade, pode comprometer o resultado do tratamento cirúrgico, caso o diagnóstico da lesão ligamentar não seja feito ^(2,3). Já medialmente, o complexo ligamentar é composto pelo ligamento deltoide, que tem uma importância fundamental na gênese da lesão. Ao encontrar uma fratura do maléolo lateral do tornozelo associada a lesão do ligamento deltoide, o ortopedista deve investigar a integridade dos ligamentos da sindesmose⁽⁴⁾.

A precisão da redução da fratura do tornozelo associada ao alinhamento dos ligamentos da sindesmose e deltoide foi correlacionada com bons resultados em vários estudos⁽⁵⁾. Autores avaliaram as imagens radiográfica e tomográfica de lesões sutis da sindesmose em um estudo e observaram que as radiografias eram muito menos sensíveis que as tomografias. Existem alguns trabalhos analisando a estabilidade da sindesmose no nível da fratura da fíbula com base na radiografia e na presença ou ausência de lesão medial. A busca de uma redução anatômica

*Tese formatada conforme orientação da Biblioteca Central e Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Saúde da UFPE: ABNT NBR 14724:2011.

adequada e da fixação estável da articulação tíbio-fibular distal para o sucesso do tratamento é consenso na literatura⁽⁶⁻⁸⁾.

Pacientes com fraturas do tornozelo sem lesão dos ligamentos da sindesmose evoluem de forma mais satisfatória, em comparação com os de necessidade de reparo⁽⁷⁾. As queixas desses pacientes com acometimento da articulação tíbio-fibular distal normalmente são dor, limitação na amplitude de movimento do tornozelo, edema local e alguma dificuldade na deambulação^(9,10). A busca do tratamento ideal conduziu ao desenvolvimento de métodos diagnósticos com excelente acurácia para facilitar o acompanhamento pós-operatório das fraturas do tornozelo. Dentro desse arsenal, a ortopedia dispõe de novas tecnologias no laboratório de marcha, com possibilidade de boa predição para os resultados da fratura do tornozelo. Trabalhos que mostram o acompanhamento da marcha do paciente após uma cirurgia para esse tipo de fratura são escassos⁽¹¹⁾.

A análise da marcha, é um campo que vem sendo estudado há mais de 100 anos. Com o avanço tecnológico e científico das últimas décadas, houve uma melhoria substancial na compreensão da mecânica do caminhar. Avaliar os princípios da análise da marcha, com um foco particular no pé e tornozelo vem mostrando alguns conceitos que antes não eram tão compreendidos^(12,13). O estudo da marcha tem contribuído positivamente nas diversas patologias do segmento do pé e tornozelo, com estudos mostrando eficácias pós-operatórias principalmente nos pacientes submetidos a cirurgias de artrodese do tornozelo e artroplastia do tornozelo⁽¹⁴⁻¹⁶⁾, propiciando avaliações precisas para intervir de forma mais acertada, com melhora evidente da qualidade da marcha. No entanto, trabalhos que mostrem a qualidade da marcha após fraturas do tornozelo com lesão ligamentar, ainda são difíceis de encontrar.

A grande maioria das avaliações pós-operatórias das fraturas do tornozelo associada a lesão ligamentar, se dão por métodos radiográficos e avaliações e os resultados funcionais do tornozelo medidos pelo escore de tornozelo de Olerud/Molander (OMAS) foram associados a observações cinemáticas alteradas de⁽¹⁷⁾, Foot and Ankle Disability Measure (FADI) e American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)^(18,19). Colocar a análise da marcha como arsenal de avaliação no pós-operatório das fraturas do tornozelo se torna difícil por não existirem laboratórios de marcha em algumas localidades do país.

1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Poucos estudos de marcha têm focado em fraturas de tornozelo. Menor velocidade de caminhada, diminuição do comprimento da passada e redução do momento de dorsiflexão interna na articulação do tornozelo lesada imediatamente após o contato do calcanhar foram observados em um estudo de acompanhamento de tratamento cirúrgico de um ano⁽²⁰⁾. Embora a assimetria da marcha tenha sido encontrada em um estudo de distribuição de pressão plantar, nenhum indivíduo controle com simetria perfeita também foi encontrado. Acreditava-se que a maioria dos mecanismos de compensação para o retropé provavelmente ocorresse no antepé. A justificativa do estudo foi apresentar a importância do estudo da marcha em laboratório no pós-operatório das fraturas do tornozelo, principalmente com lesões ligamentares associadas à sindesmose, aumentando o arsenal de avaliação se a conduta e o resultado cirúrgico foram satisfatórios, não ficando limitado apenas aos resultados radiográficos, tomográficos, de ressonância e aplicação de questionários subjetivos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar através da análise tridimensional da marcha dos pacientes com fratura de tornozelo associadas à lesão dos ligamentos da sindesmose submetidos à tratamento cirúrgico.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Avaliar através da cinética e cinemática as fraturas de tornozelos associadas a lesão da sindesmose de pacientes após tratamento cirúrgico;
2. Correlacionar os resultados da análise cinemática e cinética com os resultados clínicos nesses pacientes;
3. Comparar os achados clínicos e radiográficos dos tornozelos operados e suas limitações com o lado contra-lateral;



4. Comprovar a eficácia do estudo da marcha como método de imagem no pós-operatório tardio nos paciente operados de fratura do tornozelo com lesão da sindesmose.

2 LITERATURA

2.1 ANATOMIA DA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO

A definição anatômica de tornozelo refere-se à articulação formada pela tíbia, fíbula e tálus, que é fisiologicamente estabilizada pela ação de tendões, músculos e ligamentos. No entanto, a maioria das classificações cirúrgicas e funcionais das fraturas do tornozelo incluem lesões do maléolo tibial e/ou fibular e das estruturas ligamentares próximas, mas não as fraturas do tálus, que geralmente são classificadas como lesões do pé⁽²¹⁾. Os maléolos de tíbia e fíbula formam o encaixe. Ele se encaixa no tálus, que funciona como uma dobradiça, embora o ângulo no encaixe seja lateralmente inclinado, já que o maléolo medial está anterior ao maléolo lateral no plano transversal. Ao caminhar, o peso do corpo é transmitido ao tálus pela tíbia. O maléolo fibular forma o aspecto lateral do encaixe do tornozelo, mas não recebe carga. Entender bem as relações anatômicas entre o tálus, tíbia distal e fíbula distal, além do estudo minucioso de todo complexo ligamentar e tendíneo local são imprescindíveis para o diagnóstico e o tratamento dessas lesões⁽²²⁾.

A estabilidade da articulação do tornozelo é fornecida pela articulação do encaixe do tornozelo com o corpo do tálus e o complexo ligamentar. A sindesmose do tornozelo é uma articulação fibrosa que conecta a tíbia distal e a fíbula⁽²³⁾. Uma articulação estável é essencial para o movimento normal da articulação do tornozelo. A ruptura dessa articulação é frequentemente acompanhada de fratura rotacional do tornozelo, como pronação-rotação externa, e raramente ocorre sem fratura do tornozelo. O diagnóstico não é simples e o manejo ideal das várias apresentações da lesão sindesmótica permanece controverso até hoje. A restauração anatômica e a estabilização da sindesmose tibiofibular rompida são essenciais para melhorar os resultados funcionais. Em tal lesão, incluindo casos tratados inadequadamente, mal diagnosticados e corretamente diagnosticados, pode resultar um padrão crônico caracterizado por dor persistente no tornozelo, incapacidade funcional e osteoartrite precoce⁽²³⁻²⁷⁾.

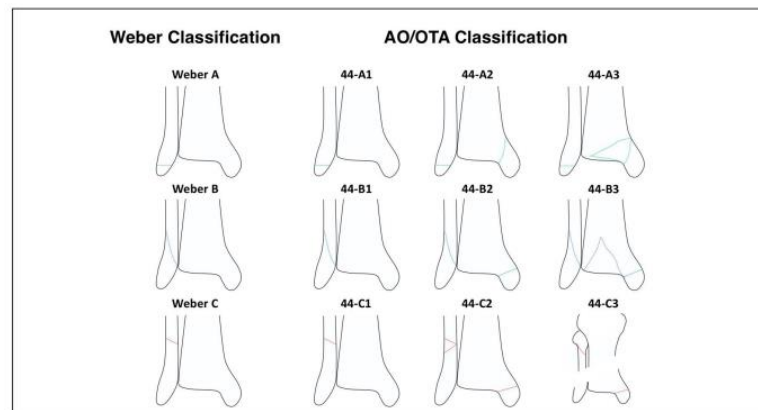
2.2 FRATURAS DO TORNOZELO E LESÃO DA SINDESMOSE

A fratura do tornozelo é uma das fraturas mais comuns dos membros inferiores. Pacientes com esse tipo de lesão geralmente apresentam dor, fraqueza, rigidez, edema, limitações de atividades, e reduzida participação no trabalho e recreação^(28,29). As fraturas do tornozelo podem ser causadas por alguns mecanismos de trauma, por exemplo, torção, impacto e lesões por esmagamento. Quedas, tropeções ou atividades esportivas podem causar forças de torção no tornozelo. Lesões por impacto podem resultar de queda de altura com impactação da tíbia distal e fíbula contra o tálus. A lesão por esmagamento do tornozelo pode ser causada por um acidente de trânsito ou por esmagamento do tornozelo sob um objeto pesado. O grau de cominuição óssea e dano aos tecidos moles está diretamente relacionado à energia do trauma⁽³⁰⁾. A estabilidade talar dentro do encaixe é fornecida pela tensão nos ligamentos colaterais, pela compressão das facetas medial e lateral do tálus contra seus maléolos correspondentes e pelo formato das superfícies articulares⁽³¹⁾.

A fratura do tornozelo rotacionalmente instável é comum. Tipicamente consiste em rupturas ósseas e ligamentares, ou seja, fratura do maléolo lateral, fratura do maléolo medial ou ruptura do ligamento deltoide e ruptura da sindesmose tíbio-fibular distal. A fratura mais frequente do tornozelo é a fratura isolada do maléolo lateral, associada à lesão sindesmose. O mecanismo dessa fratura ocorre com o pé em abdução e supinação, invertendo o tálus e tracionando as estruturas laterais. Dentre as classificações das fraturas do tornozelo destaca-se a classificação de Lauge-Hansen, através de experimentos cadavéricos, propôs então um sistema de classificação que correlaciona os traços das fraturas do tornozelo com determinados mecanismos de trauma.. Pode haver ruptura ligamentar isolada, avulsão osteo-ligamentar ou uma fratura transversa no nível ou abaixo da interlinha articular do tornozelo (Fratura Denis-Weber). Se a força persistir, pode haver impactação do tálus com o maléolo medial, causando a fratura⁽³²⁻³⁴⁾. É descrito quatro mecanismos básicos das fraturas do tornozelo pela Classificação de Lauge-Hansen como supinação-adução, supinação-rotação externa, pronação-abdução e pronação-rotação externa, outrora bastante utilizada, porém hoje em dia prefere-se a classificação *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO), sendo uma extensão da classificação de Denis-Weber: Trata-se de uma classificação

alfanumérica que permite inferir o prognóstico e planejar a abordagem terapêutica determinada pelas linhas de fratura e localização na fíbula em relação ao nível da sindesmose, mais lesões da face medial e avulsões ligamentares da tibia distal. (Figura 1) ⁽³²⁻³⁴⁾.

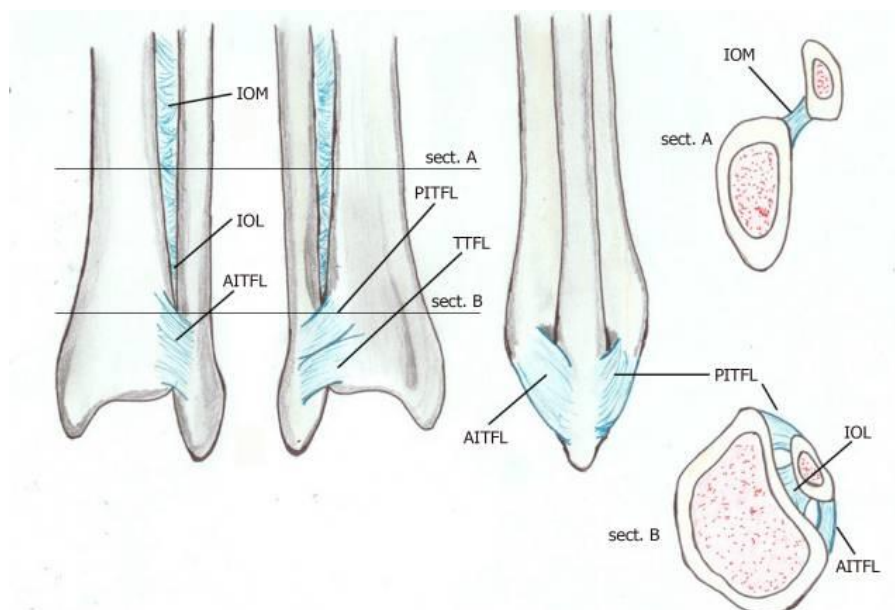
Figura 1 – Classificação AO/OTA



Fonte: Meinberg⁽³⁴⁾ (2018)

As estruturas ligamentares da sindesmose (Figura 2) funcionam além do suporte ósseo para fornecer estabilidade sindesmótica resistindo às forças axiais, rotacionais e translacionais. O complexo da sindesmose distal pode ser ainda dividido em seus quatro componentes como segue⁽²⁷⁾.

Figura 2 – Anatomia da sindesmose tíbio-fibular distal



AITFL: Ligamento tíbio-fibular inferior anterior; LIO: Ligamento interósseo; IOM: Membrana interóssea; PTFL: Ligamento tíbio-fibular inferior posterior; LTFL: Ligamento tíbio-fibular transverso.

Fonte: Pogliacomi et al.⁽²⁷⁾ 2021.

2.3 EPIDEMIOLOGIA: FRATURAS DO TORNOZELO

As fraturas do tornozelo podem resultar de uma ampla variedade de mecanismos, sendo relatadas correlações entre quedas, saltos e traumas e a ocorrência dessas lesões. As fraturas do tornozelo estão associadas a morbidade substancial, incluindo artrose pós-traumática⁽³⁵⁾. Além disso, quando a intervenção cirúrgica é necessária, os resultados adversos para a fixação de fraturas do tornozelo incluem infecção, falha na fixação, amputação e, potencialmente, morte^(36,38). Cerca de 187 por 100.000 adultos sofrem fraturas de tornozelo todos os anos. A maior incidência na população feminina é entre 75 e 84 anos, em comparação com 15 a 24 anos para homens. As fraturas uni-maleolares isoladas são o tipo mais comum, representando 70% da incidência anual de todas as fraturas do tornozelo. Cerca de 20% das fraturas do tornozelo são fraturas bi-maleolares, enquanto as fraturas tri-maleolares representam cerca de 7% de todas as fraturas do tornozelo. A incidência de fraturas expostas do tornozelo é de cerca de 2% de todas as fraturas do tornozelo. As fraturas do tornozelo representam uma das causas mais comuns de acesso a um Centro de Trauma, representando cerca de 9% de todas as fraturas⁽³⁹⁻⁴¹⁾.

Os maléolos são as estruturas mais frequentemente envolvidas: cerca de 60 a 70% das fraturas do tornozelo são uni-maleolares (afetando principalmente o maléolo lateral), seguidas pelas fraturas bi-maleolares (15 a 20%) e tri-maleolares (7 a 12%)⁽³⁹⁻⁴⁰⁾. A etiologia da fratura do tornozelo comumente envolve um evento traumático, mas a dinâmica diversificada pode resultar em diferentes apresentações clínicas. Existem vários fatores de risco para fratura do tornozelo: prática de esportes (principalmente basquete, futebol, futebol e esqui), idade avançada⁽⁴²⁾, índice de massa corporal (IMC) elevado, tabagismo⁽⁴³⁾, uma ou mais quedas no ano anterior, consumo de álcool, morar sozinho, tempo médio de sono < 7 h/dia, osteoartrite, história familiar de fratura de quadril e densidade mineral óssea reduzida⁽⁴⁴⁾. Os homens são mais predominantes nas faixas etárias mais jovens, as mulheres são mais predominantes nas faixas etárias mais velhas⁽⁴⁵⁾.

As fraturas do tornozelo ocorrem com uma incidência de 107-148 por 100.000 na população adulta^(46,47). Cerca de 10% de todos estão associados a lesão sindesmótica, sendo esse percentual duas vezes maior em pacientes que necessitam de fixação interna⁽⁴⁸⁾. Portanto, é fundamental que os cirurgiões

diagnostiquem adequadamente essas lesões, que estão presentes em até 40% de todas as lesões do tipo B de acordo com a classificação de Danis-Weber e em até 80% de todas as lesões do tipo C⁽⁴⁹⁾. Dor persistente no tornozelo, incapacidade funcional e osteoartrite precoce são problemas potenciais relacionados ao diagnóstico incorreto ou tratamento inadequado⁽⁵⁰⁻⁵³⁾, e por isso é necessário adquirir um diagnóstico preciso e manter a redução sindesmótica ao tratar fraturas do tornozelo com ruptura sindesmótica concomitante.

2.4 TRATAMENTO CIRÚRGICO DO TORNOZELO

O tratamento da fratura do tornozelo é baseado nos achados radiológicos, nas características individuais do paciente e na apresentação clínica e, portanto, pode envolver diferentes abordagens conservadoras ou cirúrgicas⁽⁵⁴⁾. Em grande parte dos casos, o tratamento é cirúrgico. A técnica a ser utilizada vai depender dos parâmetros de gravidades da fratura. O tratamento da fratura visa restaurar e estabilizar o encaixe do tornozelo, o que pode ser alcançado por medidas conservadoras nas fraturas estáveis do tornozelo e fixação cirúrgica nas fraturas instáveis⁽⁵⁵⁾. Dependendo do tipo de fratura, pode ser necessária mais de uma cirurgia. Por exemplo, nas fraturas expostas ou nas fechadas de alta energia, o fixador externo é uma conduta bastante útil no tratamento inicial e, depois de melhora das condições locais, o tratamento definitivo é realizado. Dentre as principais técnicas empregadas para o tratamento definitivo, está a utilização de placas e parafusos. A redução aberta urgente da luxação da fratura do tornozelo pode ser necessária se as tentativas de redução fechada falharem ou se houver um déficit neuro-vascular. Fraturas de tornozelo redução aberta com fixação interna (RAFI) é geralmente indicada para pacientes com encaixe de tornozelo instável, aptos para cirurgia e com boa condição de tecidos moles. A fixação cirúrgica geralmente é realizada nas primeiras 24 horas ou após alguns dias para permitir que o inchaço dos tecidos moles diminua e reduza o risco de deiscência da ferida⁽³⁰⁾.

As radiografias simples ou a tomografia computadorizada (TC) são os principais instrumentos para avaliar o progresso da consolidação das fraturas, mas não são capazes de avaliar a biomecânica e a função da articulação do tornozelo^(56,57). Para isso, uma análise tridimensional da marcha pode ser usada

para coletar informações objetivas sobre o padrão da marcha. Além disso, pode fornecer um preditor mais confiável do resultado funcional relatado pelo paciente⁽⁵⁸⁾.

2.5 AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA

A marcha é o tipo mais comum de atividade física, e um padrão de marcha normal é importante para o retorno ao trabalho e ao esporte, bem como para a antecipação de possíveis entorses de tornozelo recorrentes. Para otimizar os programas de reabilitação e aproximar as melhores práticas baseadas em evidências, as deficiências físicas residuais de pacientes com entorses de tornozelo devem ser conhecidas antes de iniciar qualquer terapia de exercícios.

A marcha está entre os assuntos mais estudados da Biomecânica, sendo por curiosidade, necessidade ou constante evolução nos métodos e técnicas de investigação. Subir ou descer degraus são atividades funcionais às quais os indivíduos são submetidos praticamente diariamente para acessar determinados locais, e tal como a locomoção, fazem este movimento de maneira natural⁽⁵⁹⁾. A avaliação da marcha é frequentemente baseada na análise observacional. No entanto, a interpretação da marcha pode variar entre os médicos de diferentes especialidades. Por esta razão, um método quantitativo é necessário para avaliar as mudanças na qualidade da marcha após a intervenção terapêutica. As análises cinéticas e cinemáticas baseadas em laboratório podem fornecer informações precisas sobre a marcha patológica. No entanto, a análise da marcha costuma ser demorada e requer equipamentos caros e pessoal especializado.

A análise da marcha tridimensional instrumentada gera medições cinemáticas de uma ampla gama de variáveis ao longo do ciclo da marcha. Estes abrangem diferentes juntas e diferentes planos. As decisões clínicas são geralmente baseadas em uma interpretação das informações complexas contidas nesses dados altamente interdependentes⁽⁶⁰⁾. Muitas vezes pode ser útil, no entanto, ter uma única medida da qualidade de um determinado padrão de marcha. Tal medida pode quantificar a gravidade geral de uma condição que afeta a marcha, monitorar o progresso ou avaliar o resultado de uma intervenção prescrita para melhorar o padrão de marcha⁽⁶¹⁾. Pesquisadores usaram um sistema de captura de movimento tridimensional e descobriu que os pacientes após fraturas de tornozelo apresentavam passo e comprimento da passada falecidos; menos flexão plantar da

articulação do tornozelo no plano sagital, mas não nos planos frontal e transversal⁽⁶²⁾. Embora esses estudos tenham encontrado parâmetros espaço-temporais da marcha prejudicados e assimetria dos membros em pacientes com fratura de tornozelo, poucos deles avaliaram a cinemática do tronco (aceleração, simetria e regularidade do movimento) durante o ciclo da marcha com um sistema de análise. Além do comprometimento da estrutura corporal, a fratura do tornozelo resulta na modificação do comportamento biomecânico da articulação, comprometendo os movimentos de todo o membro durante o seu ciclo⁽⁶³⁾.

O comprometimento após a fratura do tornozelo é avaliado na prática clínica por meio de questionários, escalas e marcadores da cinemetria, que relatam a avaliação da recuperação pelos pacientes e avaliadores. No entanto, os questionários comumente utilizados na prática clínica são incapazes de captar as alterações sutis do comportamento biomecânico da articulação. Para isso, métodos marcadores reflexivos para captura do movimento podem fornecer informações objetivas e reproduzíveis sobre a alteração da marcha⁽⁶⁴⁾.

Os marcadores de cinemetria têm o objetivo de obter valores mais fidedignos e melhorar a interpretação e análise do movimento. Nos dias de hoje existem alguns tipos de modelos anatômicos e estes diferem segundo: o tipo de cuidado utilizado nas medições antropométricas; a quantidade de marcadores necessários e como é aplicada; e a calibração utilizada⁽⁶⁵⁾. Os principais modelos utilizados em estudos do movimento são: protocolo simples de Helen Hayes modificado descrito por Kadaba et al., esses marcadores mediais para a captura estática⁽⁶⁶⁾. Os marcadores em conjunto proporcionaram os pontos necessários para os cálculos das posições articulares e dos planos que definem cada porção do corpo dos participantes.

Os marcadores mediais de avaliação da marcha podem ser úteis na recuperação após fratura do tornozelo para correlacionar a gravidade do comprometimento musculoesquelético com a função biomecânica e monitorar o progresso dos pacientes ao longo da reabilitação e pós-reabilitação, para fins clínicos e de pesquisa^(67,68). No entanto, até onde sabemos, ainda não foi definido um padrão comum das alterações cinemáticas da marcha após a fratura do tornozelo.

3 MÉTODOS

3.1 POPULAÇÃO E LOCAL DO ESTUDO

A população do estudo foi composta por pacientes acompanhados no consultório do pesquisador, diagnosticados e operados de fraturas fechadas do tornozelo com lesão dos ligamentos da sindesmose. O estudo foi realizado no Laboratório de Análise do Movimento do Instituto Rolim.

3.2. DESENHO DO ESTUDO

Estudo transversal.

3.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Pacientes operados e acompanhados no consultório do pesquisador e no Instituto Rolim:

- ❖ Ambos os sexos;
- ❖ Entre 25 e 62 anos de idade;
- ❖ Tempo pós-operatório de, no mínimo 6 meses e, no máximo 2 anos.
- ❖ Realizaram fisioterapia pós-operatória adequada.

3.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

- ❖ Pacientes que não tenham realizado a avaliação do exame de marcha de maneira adequada;
- ❖ Pacientes com algum outro tipo de alteração ortopédica nos membros inferiores, membros superiores e coluna;
- ❖ Pacientes que não se enquadraram na idade estabelecida ou no tempo pós-operatório preconizado.

3.5 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

A técnica cirúrgica que foi preconizada para o estudo foi a redução aberta da fratura pela técnica AO^(69,70), com osteossíntese dos maléolos utilizando placas e/ou parafusos. Para as lesões da sindesmose, a fixação se deu pelo uso de botões sindesmóticos ou parafusos de 3.5mm (Figura 3).

Figura 3 – Lesões da sindesmose: uso de botões ou parafusos



Fonte: O autor (2023)

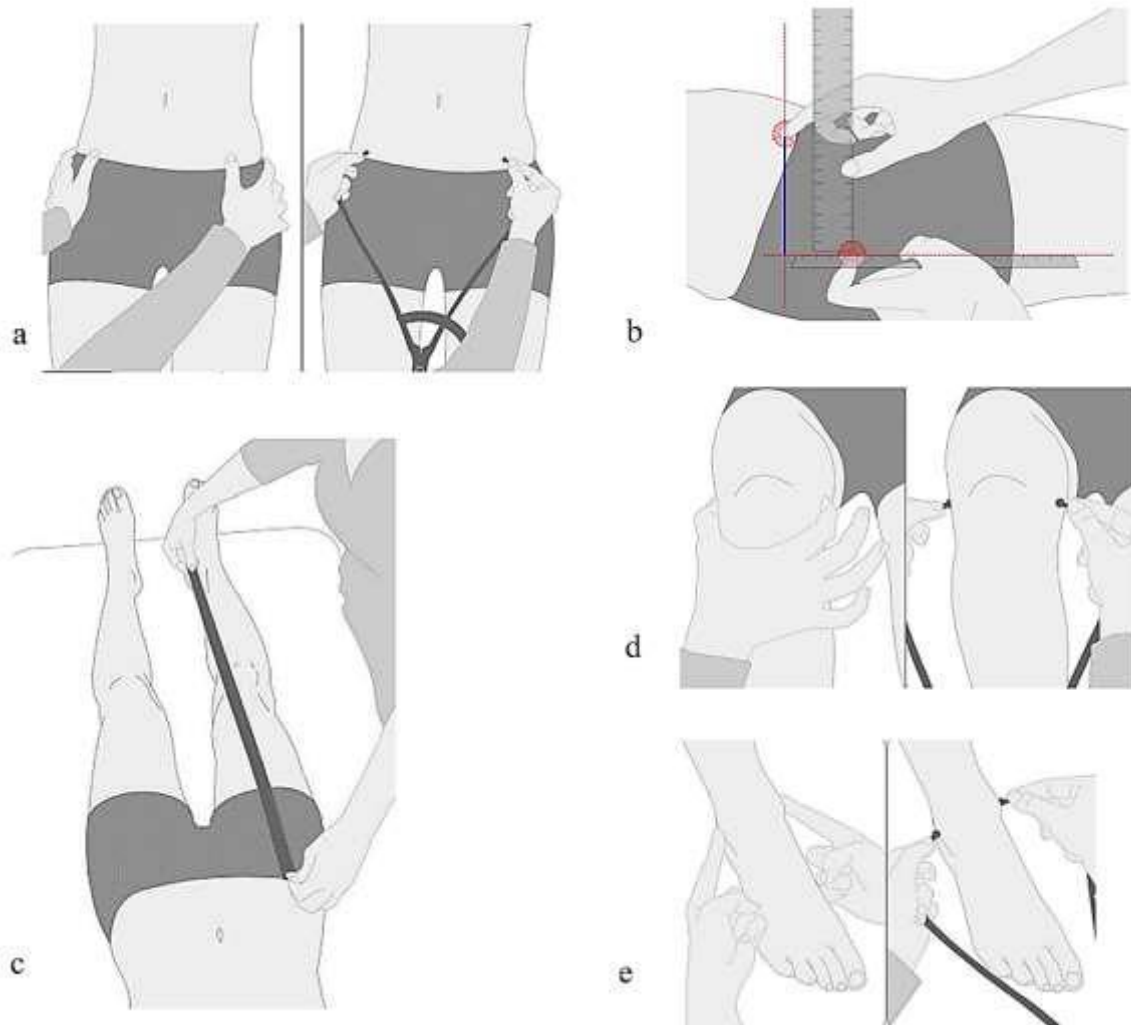
3.6 AVALIAÇÃO CLÍNICA E RADIOLÓGICA

Todos os dados clínicos e radiológicos a saber foram coletados em formulário (APÊNDICE A): idade, sexo, classificação radiográfica da fratura, mecanismo do trauma, queixas ortopédicas referidas, uso de medicações pelo paciente, tempo de pós-operatório, histórico cirúrgico e se fez fisioterapia adequadamente. Dados do exame físico foram aferidos e coletados: altura, peso, lado acometido, amplitude de movimento do tornozelo, grau de força, grau de edema e pontos de dor.

3.7 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Dados antropométricos estáticos: distância entre as espinhas ilíacas ântero-superiores (EIAS), profundidade pélvica, comprimento dos membros inferiores, diâmetro dos joelhos e diâmetro dos tornozelos (Figura 4). Após a coleta dos dados estáticos, os dados dinâmicos como amplitude de movimentos dos quadris, joelhos, tornozelos e pés foram também mensurados.

Figura 4 – Dados antropométricos estáticos



FONTE: BTS SMART-Clinic (2023)

3.8 MOVIMENTO DE MARCHA: MARCADORES REFLEXIVOS

Os estudos cinético e cinemático foram realizados no laboratório de marcha com o uso do Hardware BTS GAITLAB, com 10 câmeras, 6 plataformas de força com a utilização de marcadores (sensores) (Figura 5).

Figura 5 – Centro de Doenças Raras de Pernambuco (Rarus) e no Laboratório de Análise do Movimento do Instituto Rolim



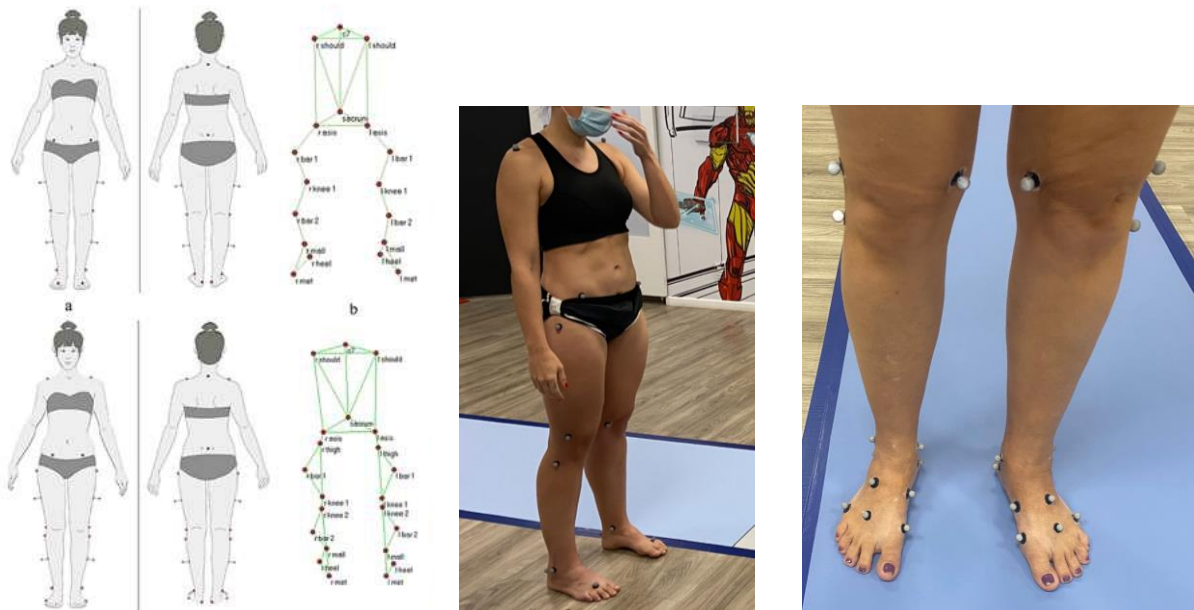
Fonte: O autor (2023)

3.9 PROTOCOLO DE ESTUDO

Um total de 20 pacientes submetidos a tratamento cirúrgico de fratura do tornozelo associada a lesão da sindesmose aceitaram o convite, porém 13 deles se encaixavam nos critérios de inclusão e não tinham critérios de exclusão.

Após coletado dos dados antropométricos, foi definido o programa do BTS-Gaitlab, como já exposto. Foi adotado o protocolo Helen Hayes modificado. Esse protocolo utiliza um conjunto de marcadores (sensores) específicos, como descrito por Kadaba et al.⁽⁶⁶⁾. Os marcadores reflexivos para captura do movimento foram colocados em locais anatômicos definidos pelo protocolo escolhido, presos por adesivos na pele do paciente de forma indolor (Figuras 6).

Figura 6 – Marcadores reflexivos para captura do movimento: adesivos na pele do paciente de forma indolor

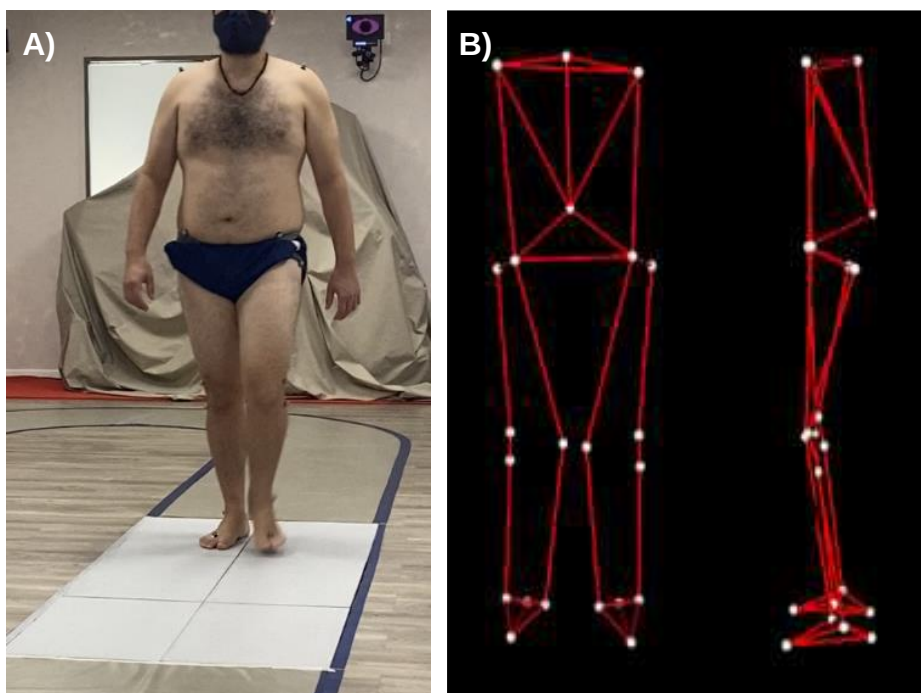


FONTE: O autor (2023)

Após colocação dos Marcadores, os pacientes foram solicitados a realizar duas tarefas diferentes:

- ❖ **Tomada estática** (Standing) - Os pacientes foram orientados a manter uma posição ortostática por cerca de 5 segundos, com os pés alinhados na parte superior da plataforma de força, como mostrado (Figura 7). Este protocolo calcula os ângulos articulares mantidos durante a pose estática do paciente e cria uma reconstrução tridimensional do paciente. Durante o processamento dos dados, é gerado um relatório que mostra uma tabela contendo os valores angulares ao lado dos dados normativos.
- ❖ **Tomada dinâmica** - Os pacientes foram orientados a caminhar naturalmente na pista presente do laboratório, na qual estão acopladas seis plataformas de força 3D digitais, que captam as forças de reação ao solo dos pacientes. Foram feitas cerca de 18 repetições para cada paciente. Os marcadores reflexivos são capturados por 10 câmeras infravermelhas de alta resolução e alta frequência, fornecendo informações sobre a posição e o movimento das articulações durante a marcha. Os dados são registrados e transmitidos para um computador via bluetooth (Figura 8).

Figura 7 – A) Paciente em posição ortostática por cerca de 5 segundos, com os pés alinhados na parte superior da plataforma de força; B) Reconstrução tridimensional



FONTE: O autor (2023)

Figura 8 – Paciente foi orientado a caminhar naturalmente na pista presente do laboratório

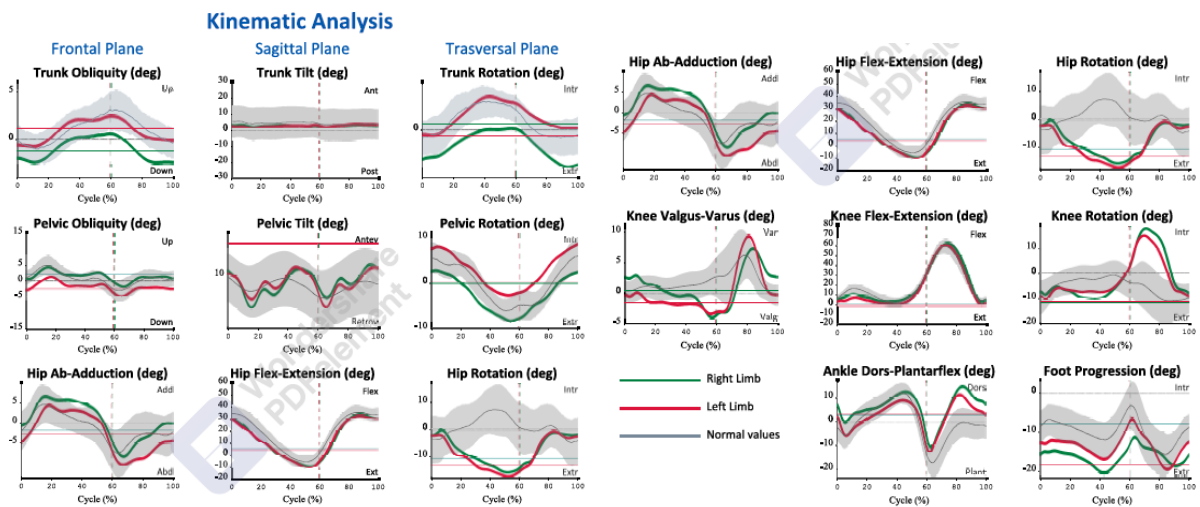


FONTE: O autor (2023)

Cada exame completo durou em média uma a duas horas. Foi necessária utilização de trajes de banho, no entanto, caso os pacientes optassem, poderiam utilizar outras vestimentas, como shorts e camisetas. Antes de iniciadas as sessões, o sistema foi devidamente calibrado.

Após a coleta desses dados cinéticos e cinemáticos, foi usado o protocolo Helen Hayes automaticamente para processar os exames, o que permite avaliar os movimentos articulares dos membros inferiores. As sessões foram filtradas automaticamente pelo protocolo *Rep_Gait_Consistency*, obtendo um parâmetro médio de marcha. O software do BTS-GAITLAB tem diferentes funções que possibilitam visualizar com detalhes os dados obtidos e, assim, aplicar filtros para precisão das análises. Um relatório multimídia inclui parâmetros espaço-temporais, cinemática e cinética das articulações avaliadas nas diferentes fases do ciclo da marcha (Figura 9).

Figura 9 – Software do BTS-GAITLAB tem diferentes funções que possibilitam visualizar com detalhes os dados obtidos a multimídia: parâmetros espaço-temporais, cinemática e cinética das articulações nas diferentes fases do ciclo da marcha



FONTE: O autor (2023)

Algumas variáveis foram colhidas e consideradas importantes: cadência (número de passos/min), velocidade (m/s), velocidade média (percentual da altura/s), comprimento do passo (expresso em porcentagem do ciclo da marcha), comprimento da passada (m), largura do passo (m), fase de apoio (expressa em percentual do ciclo) fase de balanço (expressa em porcentagem do ciclo da marcha), duplo apoio (tempo em que ambos os pés estavam em contato com o solo, expresso como porcentagem do ciclo da marcha), apoio simples (expresso como porcentagem do ciclo da marcha), tempo de passada (s), tempo de apoio (s) e tempo de balanço(s) (Figura 10).

Para a observação dos desvios do tornozelo e pé, foram avaliados principalmente o ângulo de dorso-flexão plantar do tornozelo e o ângulo de progressão do pé. Foram utilizados o GDI (Gait deviation index) e o GPS (gait profile score) como índices para análise da qualidade da marcha. Essas variáveis analisadas foram comparadas com dados normais, a fim de obter uma compreensão completa das possíveis atividades de compensação do movimento nos diferentes planos anatômicos e identificar possíveis tratamentos para disfunções apresentadas pelos pacientes (Figura 11).

O Gait Deviation Index (Índice de Desvio da Marcha) ou GDI é uma medida da patologia geral da marcha⁽⁷¹⁾. Foi desenvolvido a partir dos dados cinemáticos de um grande número de passadas de caminhada para derivar um conjunto de padrões de rotação articular mutuamente independentes que descrevem eficientemente a marcha. Esses padrões são chamados de características da marcha. Um valor de $GDI \geq 100$ indica um sujeito cujas características da marcha são estatisticamente indistinguíveis das características da marcha de um determinado grupo de controle. Em outras palavras, um valor de $GDI \geq 100$ indica uma marcha normal.

O Gait Profile Score (Pontuação do Perfil de Marcha) ou GPS e o Gait Variable Score (Escore de Variação da Marcha) ou GVS, são dois índices que resumem a qualidade geral da cinemática da marcha do paciente. Esses índices facilitam a comparação entre a marcha patológica e a normal. O Gait Profile Score (GPS) é calculado como a distância euclidiana entre as características cinemáticas do paciente e as características normativas correspondentes, para todo o ciclo da marcha. Valores de GPS superiores a 7 graus indicam padrão de marcha comprometido⁽⁷²⁾.

O Gait Variable Score (GVS) é definido como a raiz quadrada média da diferença entre uma única característica da marcha e a característica média correspondente da marcha para pessoas sem patologia da marcha. O GVS é calculado para cada característica da marcha e os resultados são apresentados em uma tabela específica. Esta tabela fornece informações úteis para entender quais variáveis estão contribuindo para um Gait Profile Score (GPS) elevado.

Após todo esse processo, é criado o Relatório Final utilizando o protocolo específico. Esse relatório contém os parâmetros espaço-temporais médios de todos os ensaios selecionados. Os índices sintéticos que resumem a qualidade geral da marcha do paciente facilitam a comparação entre a marcha patológica e a marcha normal, o que é bem abordado no resultado do exame. Também são apresentados os gráficos da análise cinemática (Figura 12) e cinética (Figura 13). A unidade de medida utilizada nos gráficos é o grau (eixo y) e a porcentagem do ciclo da marcha (eixo x). As curvas médias para cada membro (verde para o membro inferior direito e vermelho para o esquerdo) são plotadas em relação aos dados normativos (em cinza).

Figura 10 – Índices para análise da qualidade da marcha expresso como porcentagem do ciclo da marcha: temporais, espaciais e estáticos

BTS MOTION ANALYSIS LAB Integrated solutions for multifactorial clinical movement evaluation							
				Kinematics	Kinetics	s-EMG	BTS Bioengineering
Parâmetros Temporais				Membro Direito		Membro Esquerdo	Valores Normais
Tempo de Passada (s):	1.14 ± .02					1.13 ± .02	1.1 ± .09
Tempo de Apoio (s):	0.68 ± .02					0.67 ± .01	0.65 ± .07
Tempo de Balanço(s):	0.45 ± .01					0.46 ± .01	0.44 ± .05
Fase de Apoio (%):	60.29 ± .75					59.61 ± .66	58.98 ± 1.97
Fase de Balanço(%):	39.72 ± .75					40.39 ± .66	40.03 ± 3.56
Fase de Apoio Simples(%):	40.07 ± .82					40.04 ± 1.07	38.87 ± 2.57
Fase de Duplo Apoio (%):	9.79 ± .54					10.54 ± .57	10.27 ± 3.09
Velocidade Média (m/s):					1.2 ± .1		1.2 ± .2
Velocidade Média(%altura/s):					66.12 ± 2.84		80 ± 5
Cadencia (steps/min):					106.071 ± 1.873		114 ± 4.2
Parâmetros Espaciais				Membro Direito		Membro Esquerdo	Valores normais
Comprimento da Passada (m):	1.36 ± .04					1.36 ± .04	1.36 ± .11
Comprimento da Passada (%altura):	74.85 ± 2.34					74.6 ± 2.25	80 ± 10
Comprimento do Passo (m):	0.67 ± .02					0.69 ± .02	0.62 ± .05
Largura do Passo (m):					0.06 ± .01		0.08 ± .05
Ângulos Estáticos				Membro Direito		Membro Esquerdo	
Obliquidade Pélvica (graus):	2.4 ± .1					-2.4 ± .1	
Tilt Pélvico (graus):	13 ± .2					13 ± .2	
Rotação Pélvica (graus):	-1 ± .5					0.1 ± .5	
Ab-Dução do Quadril (°):	-1.9 ± .1					-2.9 ± .1	
Flexo-Extensão do Quadril (°):	5.9 ± .1					4.6 ± .3	
Rotação do Quadril (°):	-10.6 ± .4					-12.9 ± .4	
Flexo-Extensão do Joelho (°):	1.8 ± .1					-.9 ± .2	
Dorso-Flexão Plantar do Tornozelo(°):	2.9 ± .1					3.2 ± .1	
Progressão do pé (°):	-7.8 ± .1					-18.3 ± 0	

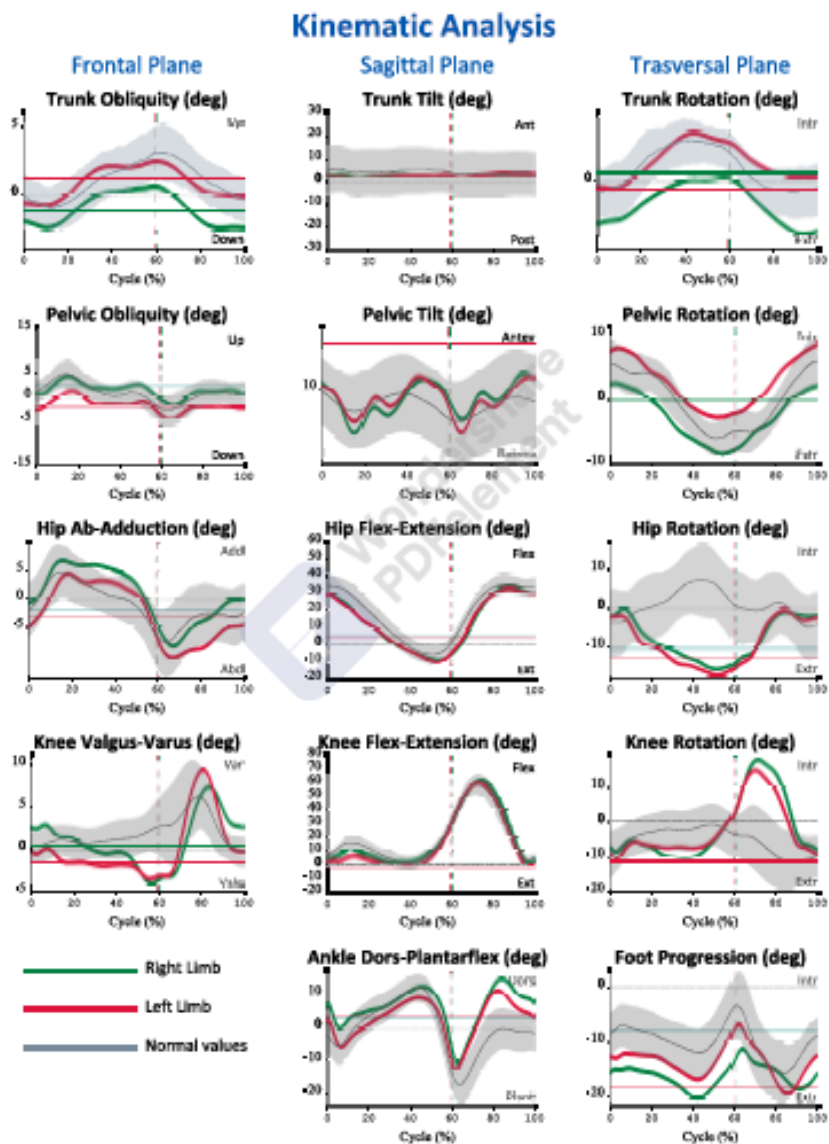
FONTE: O autor (2023)

Figura 11 – Índices para análise da qualidade da marcha expresso como porcentagem do ciclo da marcha: perfil, variável e derivação

    			
Gait Profile Score	RIGHT LIMB	LEFT LIMB	NORMAL VALUES
Gait Profile Score (deg):	6.1 ± .2	5.9 ± .2	< 7
Gait Variable Scores	RIGHT LIMB	LEFT LIMB	
Pelvis Obliquity (deg):	1.3 ± .3	2.8 ± .4	
Pelvis Tilt (deg):	1.2 ± .2	1.1 ± .2	
Pelvis Rotation (deg):	2.8 ± .6	3.2 ± .7	
Hip Ab-Adduction (deg):	2.9 ± .3	3.2 ± .3	
Hip Flex-Extension (deg):	5.8 ± .8	5.8 ± .6	
Hip Rotation (deg):	12.1 ± .3	13.2 ± .4	
Knee Flex-Extension (deg):	3.9 ± 1	4.7 ± 1.2	
Ankle Dorsi-Plantarflex (deg):	8.1 ± .4	6 ± .3	
Foot Progression (deg):	7 ± .8	4.2 ± 1.1	
Gait Deviation Index	RIGHT LIMB	LEFT LIMB	NORMAL VALUES
Gait Deviation Index:	105.27 ± 1.97	101.08 ± 1.33	> 100

FONTE: O autor (2023)

Figura 12 – Gráficos da análise cinemática de um dos pacientes presente no Relatório Final plano frontal, sagital e transversal



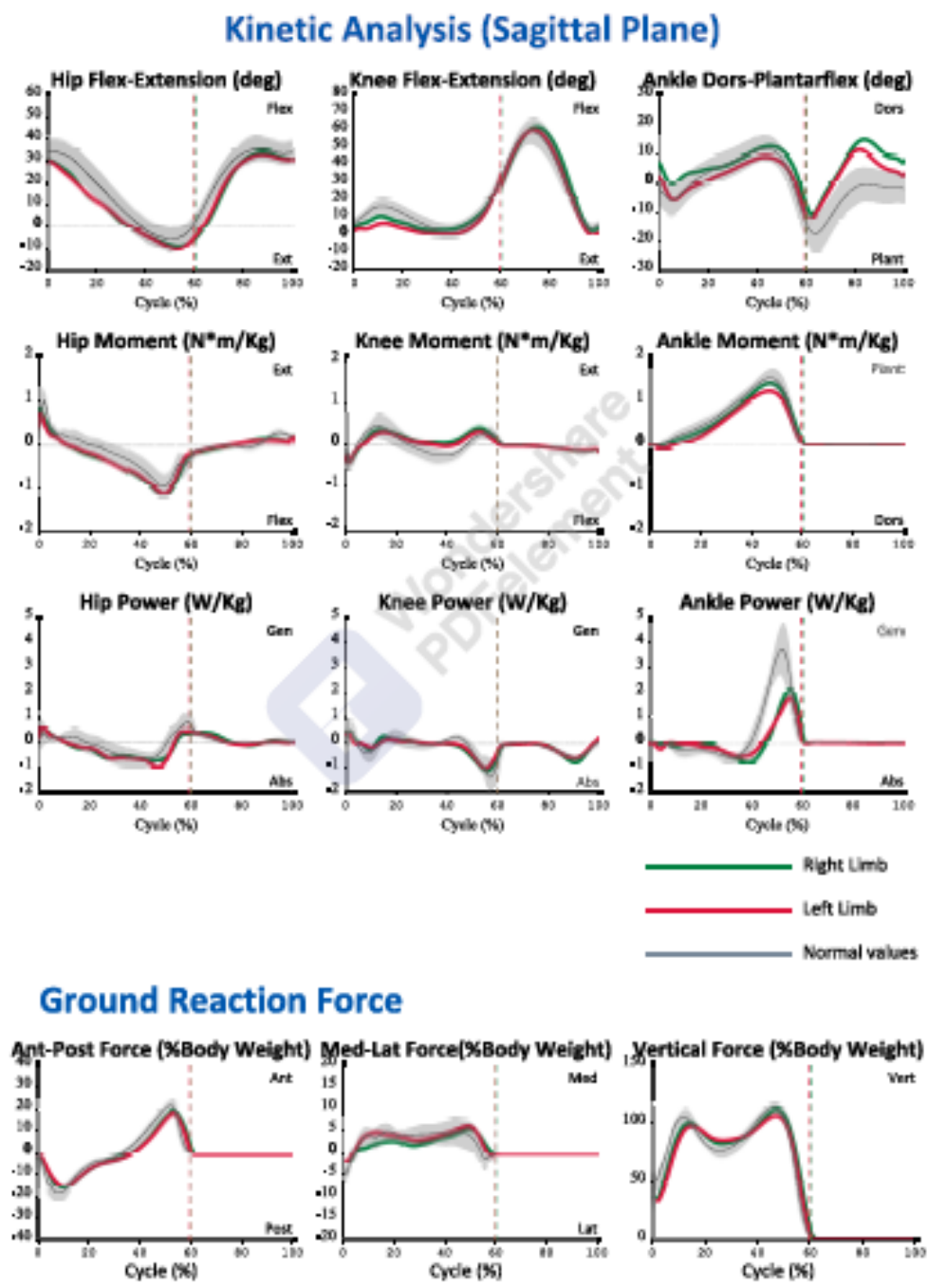
Eixo Y: unidade de medida (graus).

Eixo X: porcentagem do ciclo da marcha.

Curvas médias para cada membro inferior (verde para o direito e vermelho para o esquerdo) são plotadas em relação aos dados normativos (em cinza).

FONTE: O autor (2023)

Figura 13 – Gráficos da análise cinética de um dos pacientes presente no Relatório Final: análise do plano sagital.



Eixo Y: unidade de medida (graus).

Eixo X: porcentagem do ciclo da marcha.

Curvas médias para cada membro inferior (verde para o direito e vermelho para o esquerdo) são plotadas em relação aos dados normativos (em cinza).

FONTE: O autor (2023)

3.10 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Foram realizadas análises e coletas dos dados com o quantitativo disponível dos pacientes operados e acompanhados no consultório e os dados colhidos no laboratório de marcha, em Recife-PE, totalizando 13 pacientes.

Amostra: Foram selecionados pacientes que apresentaram fratura do tornozelo associada a lesão da sindesmose e submetido a tratamento cirúrgico tanto da fratura, como da lesão ligamentar. Os dados coletados foram incluídos em planilhas digitais em forma de Excel, com os nomes dos pacientes codificados de forma numérica e aleatória de forma a preservar suas identidades. O arquivo somente foi disponibilizado aos pesquisadores.

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados obtidos dos pacientes foi iniciada pelo cálculo de estatísticas descritivas, média, desvio-padrão, frequência absoluta e percentual, assim como os protocolos validados de análise de marcha integrados no BTS GAITLAB. Também foram construídos gráficos de *boxplot* e de barras, a fim de observar o comportamento geral dos dados com maior facilidade. Além da análise descritiva, foram usados testes estatísticos para identificar diferenças significativas (foi considerado um valor de p de 5%) entre os valores observados nas variáveis estudadas e os valores padrão do Sistema BTS Gaitlab. Como a quantidade de observações é pequena, utilizou-se testes não-paramétricos (Mann-Whitney e Wilcoxon) nessa etapa. Também foi feita análise de correlação, por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Kendall, entre a idade e as variáveis de parâmetros temporais, parâmetros espaciais e parâmetros de ângulos estáticos. Para cada parâmetro, foi calculada a diferença entre seu valor observado e o valor padrão, e depois foi calculado o coeficiente de correlação, de maneira que a correlação observada é entre a idade e a diferença do parâmetro para o seu valor padrão.

3.12 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética para pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de Pernambuco (ANEXO B). Todos os voluntários deste estudo ou seus representantes legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B). Todo o estudo seguiu os princípios bioéticos e as Diretrizes e Normas Regulamentares de Pesquisa envolvendo seres humanos, estabelecida pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde de dezembro de 2012.

4 RESULTADOS

Os dados que descrevem as características demográficas dos 13 pacientes elegíveis, evidenciam que a maior parte dos pacientes são do sexo feminino 9 (69,2%), o peso médio foi 79,39 Kg e a altura média de 1,68 m (Tabela 1).

Tabela 1 – Características demográficas da amostra

Variável	N (%)
Gênero	
Feminino	9 (69,2)
Masculino	4 (30,8)
Idade (anos) Média Desvio-padrão) ($\pm$DP)	40,54 (12,18)
Peso (kg) (Média $\pm$ DP)	79,39 (13,98)
Altura (cm) (Média $\pm$ DP)	168,92 (9,98)
Tempo pós-operatório (meses) (Média $\pm$ DP)	12,78 (4,36)

FONTE: O autor (2023)

Os dados observados pelos exames estão descritos na Tabela 2, onde é possível notar que o lado operado com maior frequência foi o esquerdo, com 61,5% do total. De acordo com a classificação AO, nenhum dos casos foi do tipo A, enquanto do tipo B foram 69% dos casos e do tipo C 31%. Nos pacientes com lesão do tipo B, a maioria estavam no estágio 2 e 3 (44% em cada) e no tipo C, 50% estava no estágio 1 e 50% no estágio 2. Na classificação LH, a maioria dos pacientes foi diagnosticado com Supinação-Rotação externa (53,8%), 23,1% com Pronação-Rotação externa e 23,1% com Pronação-Abdução.

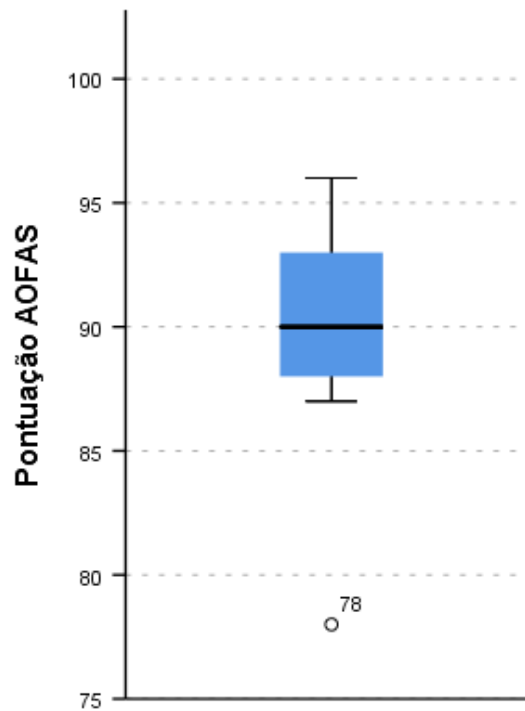
Tabela 2 – Variáveis observadas no exame dos pacientes

Variável	n (%)
Lado operado	
Direito	5 (38,5)
Esquerdo	8 (61,5)
Classificação AO	
44-A1	0 (0,0)
44-A2	0 (0,0)
44-A3	0 (0,0)
44-B1	1 (7,7)
44-B2	4 (30,8)
44-B3	4 (30,8)
44-C1	2 (15,4)
44-C2	2 (15,4)
44-C3	0 (0,0)
Classificação Lauge Hansen	
Supinação-Rotação externa	7 (53,8)
Supinação-Adução	0 (0,0)
Pronação-Rotação externa	3 (23,1)
Pronação-Abdução	3 (23,1)
Pontuação AOFAS Média (Desvio-padrão)	89,92 (4,63)

FONTE: O autor (2023)

Pelo gráfico de *boxplot* exibido no Gráfico 1, pode-se observar que a mediana da pontuação AOFAS foi 90, o valor máximo foi 96 e o valor mínimo foi 87 (desconsiderando o valor outlier de 78). A distribuição dos dados exibiu ligeira assimetria positiva, indicando que há maior concentração de observações nos valores menores.

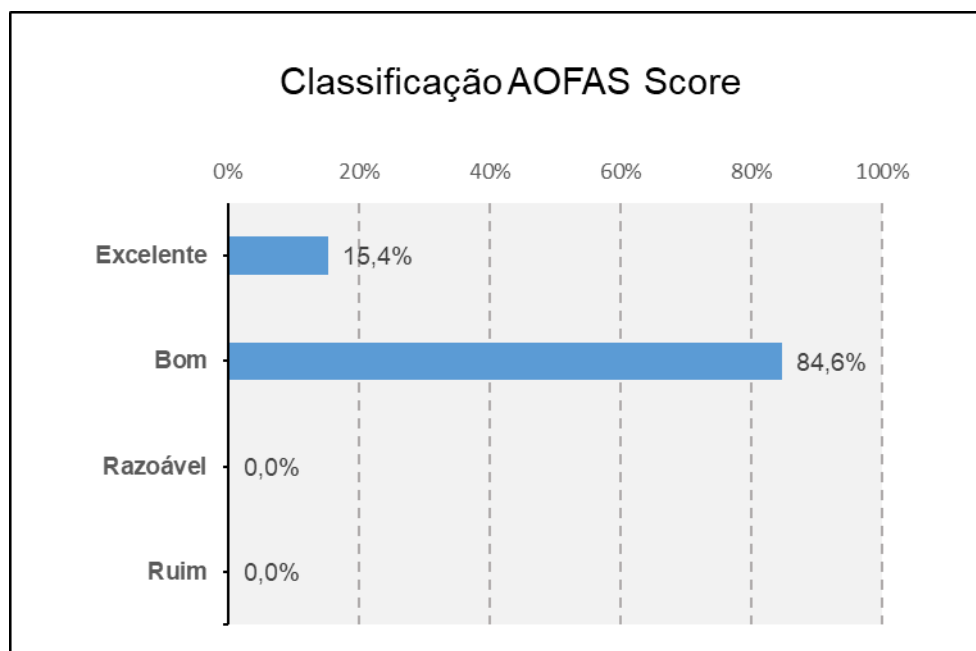
Gráfico 1 - Gráficos de *boxplot* exibindo a distribuição de valores da pontuação AOFAS



FONTE: O autor (2023)

Os Dados exibidos no Gráfico 2 mostram que a maior parte dos pacientes, 84,6%, teve pontuação AOFAS classificada como bom, seguido de excelente com 15,4%. Nenhum paciente estudado teve pontuação AOFAS classificada como razoável ou ruim.

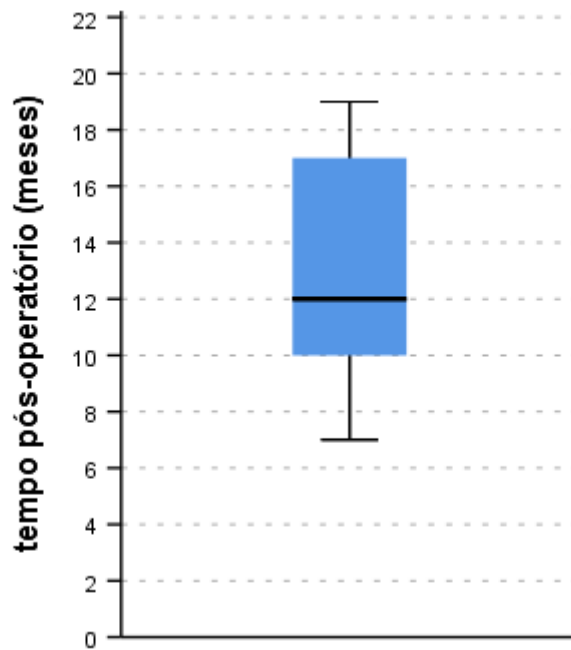
Gráfico 2 – Distribuição da pontuação AOFAS segundo a classificação AOFAS score



FONTE: O autor (2023)

Os tempos observados desde a cirurgia até o exame estão exibidos no Gráfico 3. Observando o gráfico de *boxplot*, é possível verificar que o valor mínimo observado foi 7 meses, o máximo foi 19 meses, e a mediana foi 12 meses. A distribuição dos dados do tempo pós-operatório também exibiu ligeira assimetria positiva, indicando que há maior concentração de observações nos valores menores.

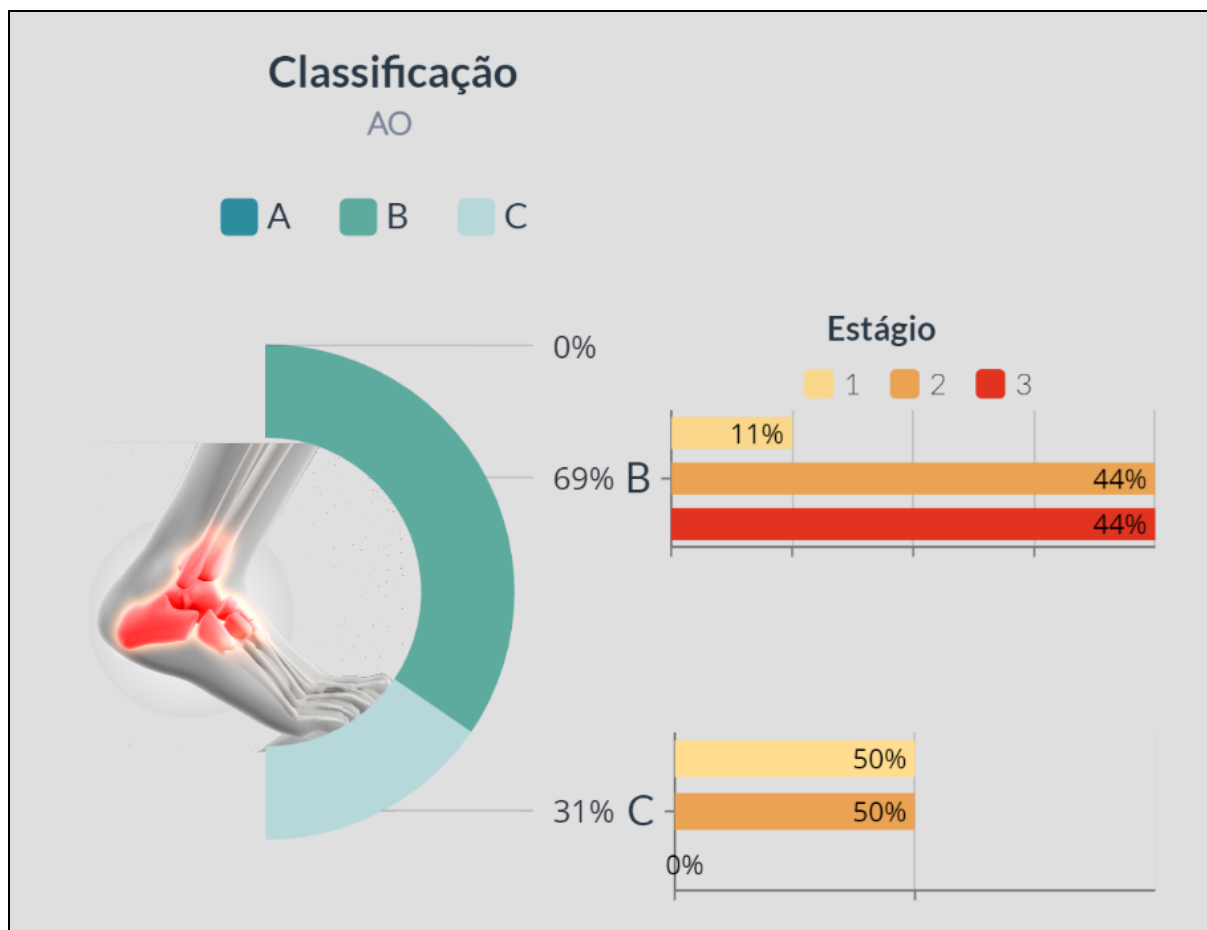
Gráfico 3 - Gráficos de *boxplot* exibindo a distribuição de valores do tempo de pós-operatório até a data do exame.



FONTE: O autor (2023)

Na Figura 14 temos a quantidade de lesões de acordo com a classificação AO. Nenhum dos casos foi do tipo A, enquanto do tipo B foram 69% dos casos e do tipo C 31. Nos pacientes com lesão do tipo B, a maioria estavam no estágio 2 e 3 (44% em cada) e no tipo C, 50% estava no estágio 1 e 50% no estágio 2.

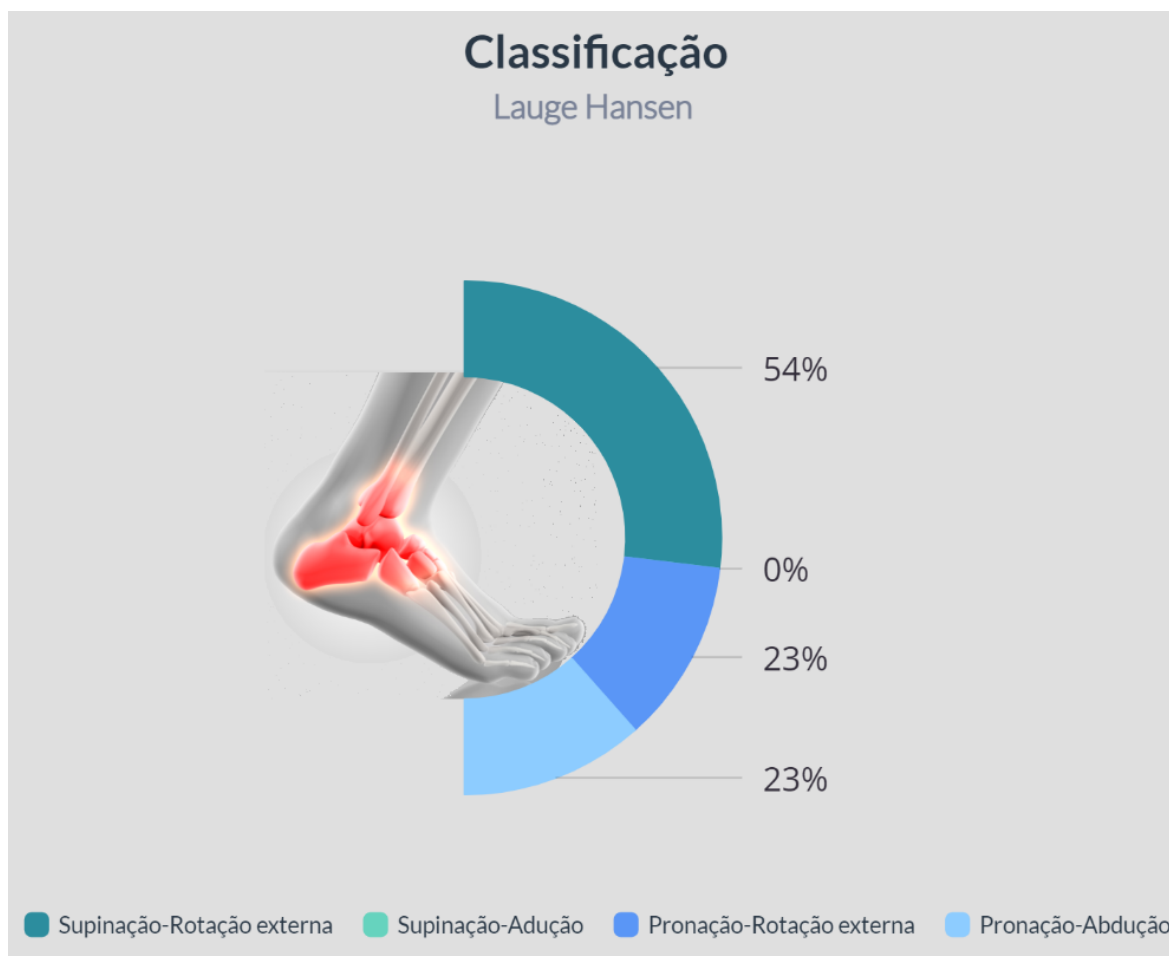
Figura 14 – Percentuais de casos de acordo com a classificação AO.



FONTE: O autor (2023)

Na Figura 15 temos a quantidade de lesões de acordo com a classificação de Lauge-Hansen. A maioria dos pacientes foi diagnosticado com Supinação-Rotação externa (53,8%), 23,1% com Pronação-Rotação externa e 23,1% com Pronação-Abdução. Nenhum dos casos foi do tipo Supinação-Adução.

Figura 15 – Percentuais de casos de acordo com a classificação Lauge-Hansen.



FONTE: O autor (2023)

Analisando os Parâmetros Temporais após a análise estatística dos pacientes do estudo, observou-se que alguns desses parâmetros aumentaram em relação ao valor padrão, com o Tempo de Apoio tendo um aumento mais significativo, cuja normalidade é de 0,54s (0,05), o membro direito teve um tempo de 0,69s (0,05) e o esquerdo de 0,68s (0,05). O Tempo de Balanço teve um pequeno aumento, tendo o parâmetro normal de 0,39s (0,03), ambos os lados foram de 0,44s (0,03). O Tempo de Passada foi de 1,13s (0,09) de ambos os lados, sendo o parâmetro normal 0,93 (0,04). Já a Fase de Apoio expressa em % também teve um pequeno aumento com o lado direito 61,11% (1,75) e o lado esquerdo 60,61% (1,27), com o valor de normalidade 57,97% (1,93). Já os Parâmetros temporais que tiveram uma redução mesmo que pequena em relação aos valores normais foram a Fase de Balanço e a Fase de Duplo Apoio. A Fase de Apoio Simples apresentou valores praticamente normais em relação ao valor padrão de 39,28 (3,72).

Os três Parâmetros Temporais que apresentaram uma mudança relativamente maior foram a Velocidade Média em metros por segundo, a Velocidade Média em % da altura por segundo e a Cadência, que é expressa em passos por minuto. A Velocidade Média normal é de 1,2m/s, e no presente estudo estatístico dos pacientes deu 1,08m/s. A Velocidade Média (%altura/s) foi de 63,97%altura/s, sendo o valor normal de 80%altura/s. Já a Cadência teve um valor médio reduzido de um valor normal 1,2 m/s para 1,08 m/s. Os dados são mostrados na Tabela 3 e representados no Gráfico 4.

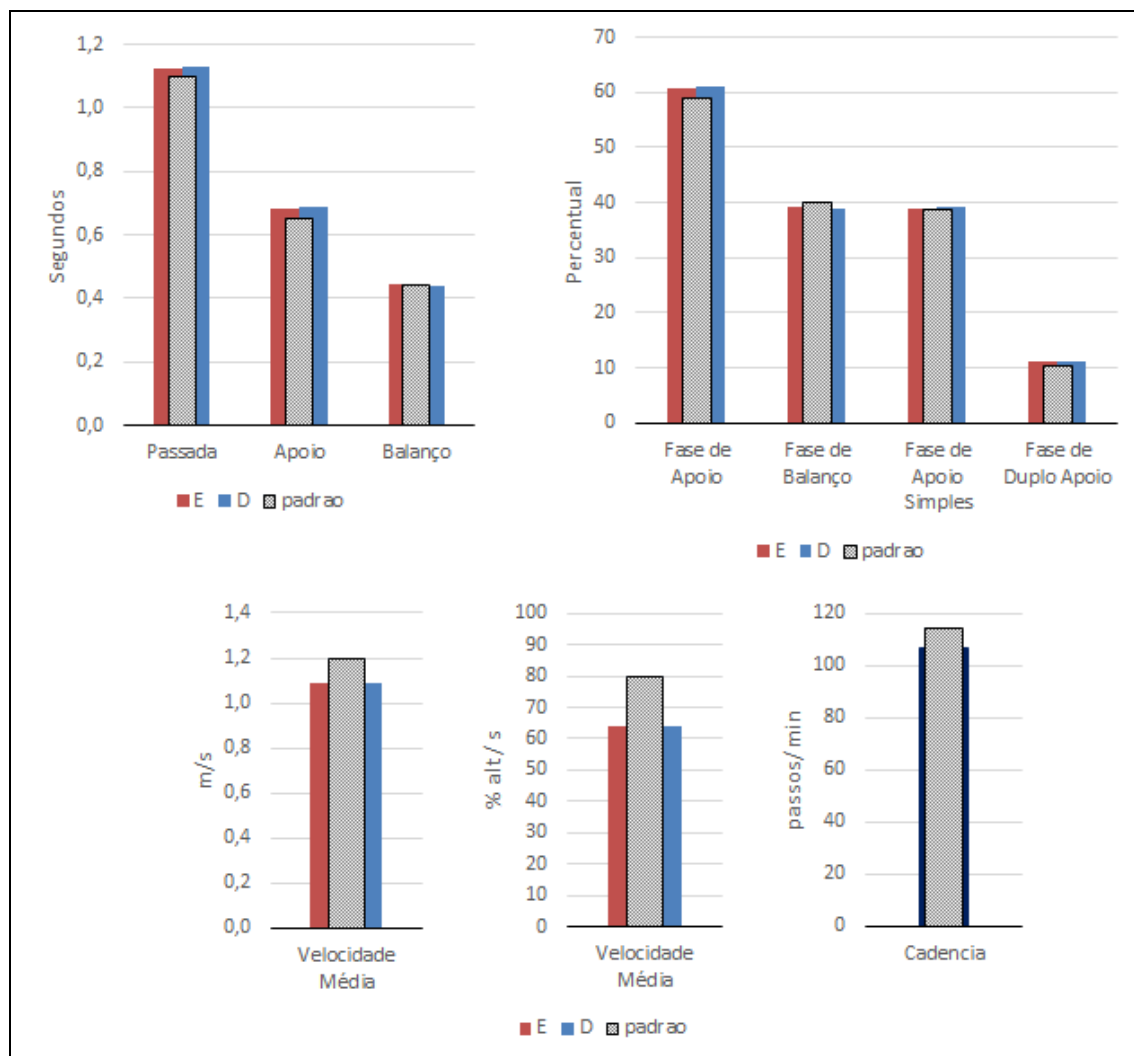
A Tabela 3 detalha as medidas descritivas, média e desvio-padrão, dos valores observados para os parâmetros da marcha obtidos no exame. Além das medidas descritivas, a tabela também traz o resultado do teste de comparação entre os valores observados e o valor padrão de cada parâmetro. É possível notar que vários parâmetros tiveram seus valores estatisticamente diferentes do valor padrão. Alguns dos parâmetros exibiram valores maiores que o padrão, a exemplo do tempo de apoio, enquanto outros parâmetros exibiram valores menores, a exemplo da fase de balanço.

Tabela 3 – Média $\pm$ DP dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.

Parâmetros Temporais	Membros		Valor Padrão
	Direito	Esquerdo	
Tempo de Passada (s):	1,13 (0,09)	1,13 (0,09)	1,10 (0,09)
Tempo de Apoio (s):	*0,69 (0,06)	*0,68 (0,05)	0,65 (0,07)
Tempo de Balanço (s):	0,44 (0,03)	0,44 (0,04)	0,44 (0,05)
Fase de Apoio (%):	*61,11 (1,75)	*60,61 (1,27)	58,98 (1,97)
Fase de Balanço (%):	*38,89 (1,75)	39,39 (1,27)	40,03 (3,56)
Fase de Apoio Simples (%)	39,29 (1,47)	39,02 (1,66)	38,87 (2,57)
Fase de Duplo Apoio (%):	11,07 (1,34)	11,02 (1,64)	10,27 (3,09)
Velocidade Média (m/s):	1*,08 (0,13)		
Velocidade Média (%altura/s):	*63,97 (6,20)		
Cadência (passos/min):	*106,99 (8,17)		

FONTE: O autor (2023)

Gráfico 4 – Distribuição das variáveis dos parâmetros temporais. Gráficos de barra exibindo os valores médios observados para cada variável dos parâmetros temporais, dividido por membro direito, esquerdo e com valor padrão para referência. Nota-se que as maiores alterações foram nas Velocidades Médias e Cadência.



FONTE: O autor (2023)

Os Parâmetros espaciais apresentaram poucas alterações comparados com os valores de referência normais, sempre dentro dos limites considerados normais. O Comprimento da Passada que é expressa em metros, teve um leve aumento global, com uma média tanto do lado direito como esquerdo de 1,21(0,11), sendo o valor médio de referência 1,13(0,10). O Comprimento da Passada em % por altura teve uma pequena diminuição no valor geral dos pacientes, sendo o valor normal de 80 (10), no membro direito 71,65 (4,25) e esquerdo 71,72 (4,20).

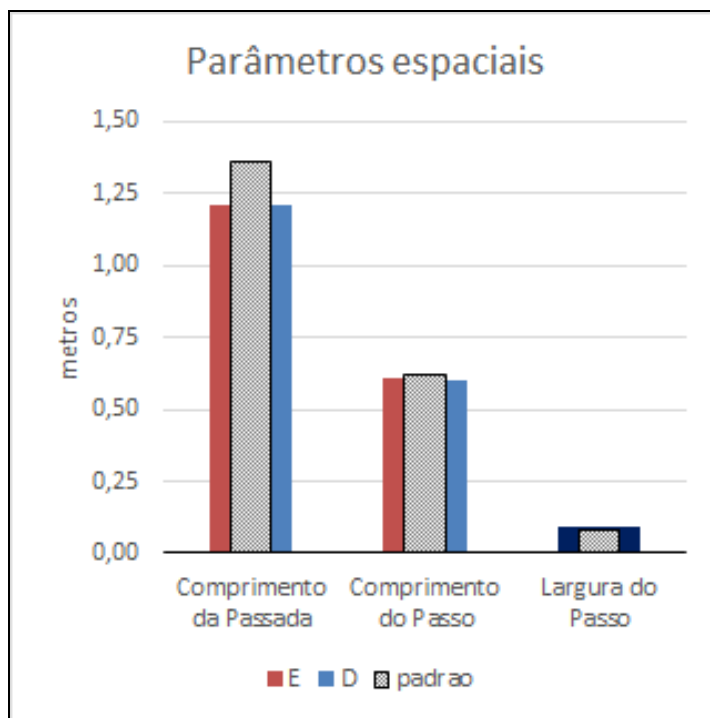
O Comprimento do Passo expresso em metros do membro direito foi 0,60 (0,06) e 0,61 (0,06) no esquerdo, tendo como normalidade 0,58 (0,06), estando o lado esquerdo um pouco elevado. A Largura do Passo normal tem um valor de 0,08m (0,04), mostrando que os pacientes tendem a abrir um pouco mais os membros, indo o valor médio para 0,09m (0,02). Esses valores estão expressos na Tabela 4 e Gráfico 5.

Tabela 4 - Média $\pm$ DP dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.

Parâmetros Espaciais	Membros		Valor Padrão
	Direito	Esquerdo	
Comprimento da Passada (m):	*1,21 (0,11)	*1,21 (0,11)	1,36 (0,11)
Comprimento da Passada (%alt.):	*71,65 (4,25)	*71,72 (4,20)	80,00 (10,00)
Comprimento do Passo (m):	0,60 (0,06)	0,61 (0,06)	0,62 (0,05)
Largura do Passo (m):	0,09 (0,02)		

FONTE: O autor (2023)

Gráfico 5 – Distribuição das variáveis dos parâmetros espaciais



Fonte: O autor (2023)

Em relação aos ângulos estatísticos (expresso em graus), algumas pequenas alterações foram observadas na pelve, quadril, joelho, tornozelo e pé. A Obliquidade Pélvica teve uma pequena variação negativa no lado esquerdo e positiva no lado direito. O Tilt Pélvico e a Rotação Pélvica tiveram um aumento bilateral, mas dentro dos limites normais. Nos quadris, houve uma alteração pequena na Flexo-Extensão, sendo o parâmetro normal 10° (4,00), com o lado direito dando uma média de $7,39^{\circ}$ (5,00) e o esquerdo de $6,71^{\circ}$ (5,54). Na Ab-Adução do Quadril, o valor de referência de $0,00^{\circ}$ (3,00), foi alterado para $-1,45^{\circ}$ (2,48) do lado direito e $-3,40^{\circ}$ (3,09) do lado esquerdo. Já o que teve maior discrepância entre os lados nessa articulação foi a Rotação do Quadril, com valor normal de 0° (5,00), o lado direito deu $-1,97^{\circ}$ (7,56) e o lado esquerdo $-4,70^{\circ}$ (6,97). O que tem uma explicação, pois a maioria dos pacientes fraturou o lado esquerdo. No joelho, a Flexo-Extensão normal é de $5,00$ (5,00), com o lado direito dando uma média de $0,90$ (3,31) e o esquerdo $-0,77$ (3,95), mostrando também que a maioria dos pacientes teve o lado esquerdo acometido. No tornozelo, a Dorso-flexão plantar tem um valor de normalidade $0,00$ (5,00), com o lado direito apresentando $3,49$ (2,61), e o esquerdo $3,80$ (2,15). E o último parâmetro que é a progressão do pé, o valor de normalidade é de $-10,00$ (5,00), com o membro direito dando $-11,68$ (4,32) e o esquerdo $-12,70$ (6,74). Esses valores estão presentes na Tabela 5.

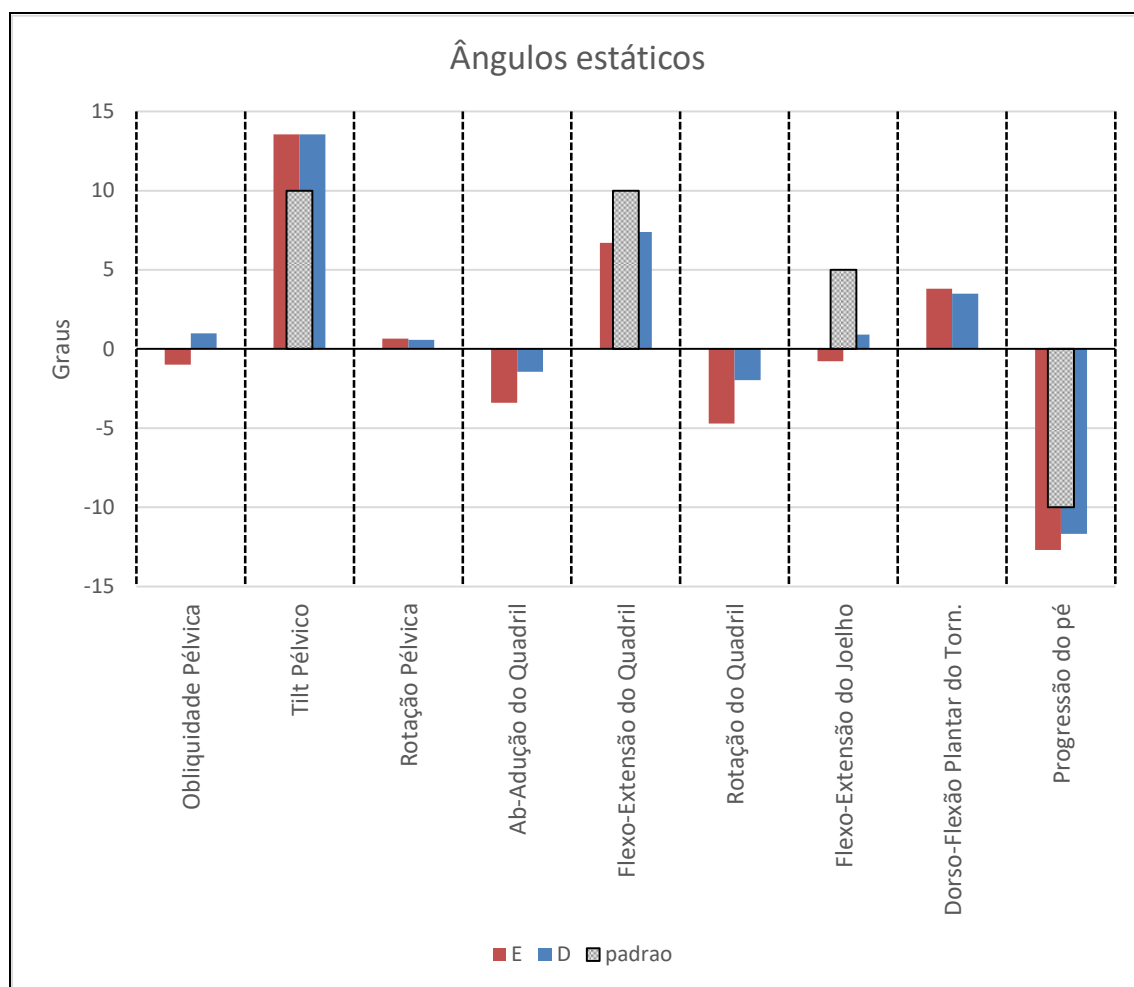
Tabela 5 - Média $\pm$ DP dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.

Ângulos Estáticos	Membros		Valor Padrão
	Direito	Esquerdo	
Obliquidade Pélvica (graus):	*0,99 (1,38)	*-0,99 (1,38)	0,00 (1,00)
Tilt Pélvico (graus):	*13,56 (4,23)	*13,56 (4,23)	10,00 (4,00)
Rotação Pélvica (graus):	0,57 (2,98)	0,66 (2,96)	0,00 (5,00)
Ab-Adução do Quadril ($^{\circ}$):	-1,45 (2,48)	*-3,40 (3,09)	0,00 (3,00)
Flexo-Extensão do Quadril ($^{\circ}$):	7,39 (5,00)	6,71 (5,54)	10,00 (4,00)
Rotação do Quadril ($^{\circ}$):	-1,97 (7,56)	-4,70 (6,97)	0,00 (5,00)
Flexo-Extensão do Joelho ($^{\circ}$):	*0,90 (3,31)	*-0,77 (3,95)	5,00 (5,00)
Dorso-Flexão Plantar do Torn. ($^{\circ}$):	*3,49 (2,61)	*3,80 (2,15)	0,00 (5,00)
Progressão do pé ($^{\circ}$):	-11,68 (4,32)	-12,70 (6,74)	-10,00 (5,00)

FONTE: O autor (2023)

No Gráfico 6 encontramos um Gráfico de barra exibindo os valores médios observados para cada variável dos ângulos estáticos, dividido por membro direito, esquerdo e com valor padrão para referência.

Gráfico 6 – Distribuição das variáveis segundo os ângulos estáticos



FONTE: O autor (2023)

Na Tabela 6, que detalha as medidas descritivas dos parâmetros de *Gait Profile Score*, *Gait Variable Scores* e *Gait Deviation Index*, é possível observar que nem o valor médio observado de GPS nem do GDI foram estatisticamente diferentes do valor padrão.

Tabela 6 - Média (desvio-padrão) dos valores observados nas variáveis dos exames físicos dos pacientes.

Variáveis	Membro		Valor Padrão
	Direito	Esquerdo	
Gait Profile Score			
Gait Profile Score (deg):	*5,89 (1,41)	*5,89 (1,61)	< 7
Gait Variable Scores			
Obliquidade Pélvica (graus):	1,74 (0,64)	2,22 (0,80)	
Tilt Pélvico (graus):	4,08 (3,01)	4,06 (3,03)	
Rotação Pélvica (graus):	2,99 (0,68)	2,95 (0,42)	
Ab-Adução do Quadril (°):	3,23 (1,41)	2,91 (1,29)	
Flexo-Extensão do Quadril (°):	5,18 (2,37)	4,67 (2,29)	
Rotação do Quadril (°):	9,84 (3,84)	10,07 (3,94)	
Flexo-Extensão do Joelho (°):	5,22 (1,51)	5,56 (2,59)	
Dorso-Flexão Plantar do Torn.(°):	5,26 (1,19)	6,00 (1,30)	
Progressão do pé (°):	7,16 (4,88)	6,48 (4,77)	
Gait Deviation Index	102,32 (12,79)	101,91 (15,11)	> 100

Ao observar as informações exibidas na Gráfico 7, que mostram a correlação dos parâmetros temporais com a idade, é possível identificar que apenas dois parâmetros tiveram correlação estatisticamente significativa: A fase de Duplo Apoio apresentou correlação positiva, 0,503 e 0,462, para os lados direito e esquerdo, respectivamente, e o parâmetro velocidade média, com correlação negativa igual a -0,662.

Quando analisamos a correlação entre a idade e os parâmetros espaciais, todos os seus valores são negativos, mas nem todos foram estatisticamente significativos, como pode ser visto no Gráfico 8.

A Gráfico 9 mostra os valores dos coeficientes de correlação da idade com os parâmetros de ângulos estáticos, e pode-se observar que nenhum valor foi estatisticamente significativo.

Gráfico 7 - Valor do coeficiente de correlação de Kendall entre a idade e as variáveis de parâmetros temporais

Parâmetros Temporais	LADO			
	DIREITO		ESQUERDO	
	Coeficiente de correlação	Valor de p	Coeficiente de correlação	Valor de p
Tempo de Passada (s):	0,130	0,540	0,116	0,582
Tempo de Apoio (s):	0,219	0,299	0,252	0,241
Tempo de Balanço(s):	-0,027	0,902	-0,080	0,711
Fase de Apoio (%):	0,333	0,113	0,410	0,051
Fase de Balanço (%):	-0,383	0,113	-0,410	0,051
Fase de Apoio Simples (%)	-0,359	0,088	-0,297	0,160
Fase de Duplo Apoio (%):	0,503	0,017	0,462	0,028
Velocidade Média (m/s):	-0,662	0,004	-0,662	0,004
Velocidade Média (%altura/s):	-0,383	0,113	-0,333	0,113
Cadencia (steps/min):	-0,128	0,542	-0,128	0,542

Valores das variáveis correspondem à diferença entre o valor observado e o valor padrão.

Valores em negrito representam os coeficientes com valor de < 0,05

FONTE: O autor (2023)

Gráfico 8 - Valor do coeficiente de correlação de Kendall entre a idade e as variáveis de parâmetros espaciais

Parâmetros Espaciais	DIREITO		ESQUERDO	
	Coeficiente de correlação	Valor de p	Coeficiente de correlação	Valor de p
Comprimento da Passada (m):	-0,452	0,032	-0,442	0,037
Comprimento da Passada (%alt.):	-0,427	0,048	-0,431	0,043
Comprimento do Passo (m):	-0,054	0,804	-0,054	0,804
Largura do Passo (m):	-0,436	0,038	-0,410	0,051

Valores das variáveis correspondem à diferença entre o valor observado e o valor padrão.

Valores em negrito representam os coeficientes com valor de < 0,05

FONTE: O autor (2023)

Gráfico 9 – Valor do coeficiente de correlação de Kendall entre a idade e as variáveis de parâmetros de ângulos estáticos

Ângulos Estáticos	DIREITO		ESQUERDO	
	Coeficiente de correlação	Valor de p	Coeficiente de correlação	Valor de p
Obliquidade Pélvica (°):	0,013	0,951	-0,013	0,951
Tilt Pélvico (°):	0,168	0,427	0,168	0,427
Rotação Pélvica (°):	0,323	0,126	-0,168	0,427
Ab-Adução do Quadril (°):	0,385	0,067	0,154	0,464
Flexo-Extensão do Quadril (°):	-0,077	0,714	0,065	0,760
Rotação do Quadril (°):	0,000	1,000	-0,128	0,542
Flexo-Extensão do Joelho (°):	-0,245	0,246	-0,077	0,714
Dorso-Flexão Plantar do Torn. (°):	0,205	0,329	-0,065	0,760
Progressão do pé (°):	0,128	0,542	-0,271	0,199

Valores das variáveis correspondem à diferença entre o valor observado e o valor padrão.

Valores em negrito representam os coeficientes com valor de < 0,05

FONTE: O autor (2023)

5 DISCUSSÃO

O tratamento adequado das lesões do complexo da sindesmose é desafiador, mas necessário, para evitar a má redução, o que pode alterar a cinemática da articulação tíbio-fibular e levar à instabilidade crônica, danos à cartilagem e alterações osteo-artríticas precoces da articulação do tornozelo. Portanto, a precisão e a manutenção da redução da sindesmose são consideradas essenciais no tratamento das fraturas do tornozelo com lesão concomitante da sindesmose. Os parâmetros pós-operatórios de exame físico e exames de imagem nos dão uma visão de que grau de limitação o paciente operado pode ter, mas não de uma maneira dinâmica.

O estudo da marcha nas fraturas dos membros inferiores vem ganhando espaço, avaliando a cinética e cinemática dos pacientes. Observando alguns trabalhos específicos de pacientes com fratura do tornozelo associadas ou não a lesão da sindesmose, várias pequenas alterações no padrão da marcha foram observadas.

Pesquisadores compararam os padrões de marcha entre pacientes tratados por fraturas de tornozelo com os de indivíduos saudáveis. Analisaram 18 pacientes com fratura de tornozelo usando PROM e marcha, com um modelo de pé multissegmentar (modelo de pé Oxford modificado) com pelo menos um ano de pós-operatório. Doze pacientes tiveram fratura uni-maleolar lateral e seis tiveram fratura tri-maleolar, e todos foram tratados com redução aberta e fixação interna. Os resultados foram comparados com os de indivíduos saudáveis e da perna contralateral. O estudo encontrou menor flexão/extensão entre o retropé e a tíbia no grupo fratura em comparação com os indivíduos saudáveis durante o apoio, e menor ADM (flexão/extensão) na fase de balanço em comparação com o lado não lesionado. Eles descobriram que o questionário Olerud e Molander ankle score (OMAS) se correlacionava de forma moderada a moderada com os parâmetros cinemáticos no plano sagital durante a fase de balanço (flexão/extensão)⁽⁶³⁾. Essas alterações foram observadas também no presente estudo.

Durante a reabilitação precoce, os pacientes com fratura de tornozelo podem desenvolver assimetria do movimento do tronco na direção vertical acompanhada de marcha mais lenta velocidade e cadência e comprimentos de passo menores, o que pode contribuir para desequilíbrios musculares e lesões potenciais. Assim,

estratégias de reabilitação adequadas devem ser empregadas para esses pacientes⁽⁷³⁾.

Losch et al. analisaram a marcha em 20 pacientes com fratura de tornozelo tratada cirurgicamente um ano após a operação e compararam os resultados com os de 20 adultos saudáveis. Eles encontraram menor flexão/extensão na articulação do tornozelo, menor velocidade e menor comprimento do passo no grupo lesionado em comparação com os indivíduos saudáveis. No entanto, não encontraram correlação significativa entre os parâmetros cinemáticos e a Medidas de Resultado Relatados pelo Paciente (Patient Reported Outcome Measures - PROM)⁽²⁰⁾

O trabalho de Segal et al., avaliou alguns parâmetros como comprimento do passo, velocidade de caminhada e a pressão plantar em pacientes operados de fraturas de tornozelo. Os 41 pacientes com fratura de tornozelo foram divididos em fratura uni-maleolar (n=12), fratura bi-maleolar (n=15) e fratura tri-maleolar (n=15). Os resultados foram comparados com a marcha de 72 indivíduos saudáveis. Houve diferenças significativas em todos os parâmetros, principalmente velocidade da caminhada e comprimento do passo. Os pacientes com fratura uni-maleolar tiveram um desempenho melhor do que os outros com fraturas bi-maleolar ou tri-maleolar⁽⁷²⁾.

Hancock et al., e o de Egol et al., também avaliaram o resultado funcional após fraturas de tornozelo, porém relataram resultados diferentes em relação a gravidade da fratura e o resultado funcional^(75,76). Pesquisadores viram que indivíduos com fraturas uni ou bi-maleolares do tornozelo tiveram melhor resultado funcional do que os pacientes com fraturas tri-maleolares, com base no OMAS e na Escala Funcional de Extremidade Inferior (LEFS)⁽⁷⁵⁾. Em contraste, o trabalho de Egol et al.⁽⁷⁶⁾ concluíram que o tipo de fratura não apresentou influência no resultado funcional após a cirurgia de fratura do tornozelo, de acordo com o sistema Orthopedic Trauma Association (OTA) e o sistema Lauge-Hansen.

Várias alterações na marcha ocorrem após a fratura do tornozelo, incluindo redução no comprimento do passo, tempo de balanço, tempo de apoio único, comprimento da passada, cadência, velocidade e um tempo de saída do pé anterior no lado afetado. Além disso, a simetria do movimento do tronco (especialmente vertical) é significativamente reduzida após a fratura do tornozelo⁽⁶⁴⁾.

As diferenças no perfil cinemático da marcha dos membros inferiores de pacientes em recuperação de fratura de tornozelo em comparação com controles saudáveis, foi avaliado em um estudo. Além disso, indagamos se o perfil seria

diferente entre os grupos de gravidade da fratura. Um total de 48 pacientes participou do estudo prospectivo de caso-controle. A marcha de 24 pacientes se recuperando de uma lesão por fratura no tornozelo e 24 controles pareados saudáveis foi examinada usando um sistema de sensor de unidade de medição inercial. Os seguintes parâmetros da marcha foram avaliados: amplitude de movimento (ADM) do joelho durante a fase de balanço, ângulo máximo de flexão do joelho durante o apoio, ADM de coxa e panturrilha e duração da passada. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas entre o grupo de fratura de tornozelo e o grupo controle para todos os parâmetros. Os pacientes com fratura de tornozelo apresentaram menor ADM do joelho durante a fase de balanço em comparação com o grupo controle (média $\pm$ desvio padrão $43,0^\circ \pm 15,5^\circ$ em comparação com $66,7^\circ \pm 5,1^\circ$, respectivamente ($p < 0,001$)). O ângulo máximo de flexão do joelho durante o apoio foi menor nos pacientes com fratura de tornozelo do que no grupo controle (média $\pm$ desvio padrão $10,5^\circ \pm 6,1^\circ$ em comparação com $21,2^\circ \pm 4,5^\circ$, respectivamente; $p < 0,001$)). Os pacientes com fratura de tornozelo também apresentaram ângulos de ADM da coxa e da panturrilha mais baixos ($p < 0,001$) e maior duração da passada ($p < 0,001$) em comparação com o grupo controle. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de gravidade. Esses resultados sugerem que as características cinemáticas da marcha variam entre pessoas saudáveis e pacientes se recuperando de uma fratura de tornozelo durante o curto período após a lesão⁽⁶⁰⁾.

A hipótese era que os pacientes após a cirurgia de fratura do tornozelo tinham menos flexão/extensão do tornozelo em comparação com indivíduos saudáveis e que a gravidade da fratura influencia significativa na cinemática e na satisfação do paciente. Trinta e três pacientes ($n=33$ pés) operados por fraturas de tornozelo foram recrutados. A cinemática do tornozelo foi analisada usando o Oxford Foot, e os resultados foram comparados com um grupo de controle saudável da mesma idade ($n=11$ pacientes, 20 pés). Além disso, os pacientes foram divididos por classificação de fratura (gravidade) e os resultados cinemáticos foram correlacionados com PROM e achados radiográficos. Pacientes tratados para fratura de tornozelo mostraram menor velocidade de caminhada ($p<0,001$) quando solicitado a caminhar de preferência velocidade normal. Quando comparado em velocidade igual, significativamente menor amplitude de movimento (ROM) entre o retopé e a tíbia no plano sagital (flexão/extensão) durante o carregamento e push-off ($p=0,003$ e

$p < 0,001$) foi encontrado em pacientes após fraturas de tornozelo em comparação a indivíduos saudáveis. Resultados de ADM mais baixos e PROM piores foram encontrados para pacientes com fraturas tri-maleolares do tornozelo. Houve uma correlação significativa entre ADM (flexão/extensão) durante a fase de push-off e funcionamento físico SF-36 ($r^2 = 0,403$, $p = 0,027$) e SF-36 saúde geral ($r^2 = 0,473$, $p = 0,008$). A gravidade da fratura foi significativamente correlacionada com a ADM de flexão/extensão no tornozelo durante as fases de carga e impulso ($r^2 = -0,382$, $p = 0,005$ e $r^2 = -0,568$, $p < 0,001$) e também foi significativamente correlacionado com baile de formatura. Este estudo descobriu que os pacientes com fraturas do tornozelo apresentavam tornozelos significativamente alterados na cinemática em comparação com indivíduos saudáveis.

Vários parâmetros são avaliados no estudo da marcha, com alterações sutis ou um pouco mais exacerbadas no estudo, o que também foi avaliado no presente estudo. Nos Parâmetros Temporais nota-se que as maiores alterações foram nas Velocidades Médias e Cadência. Os Parâmetros Espaciais apresentaram poucas alterações comparados com os valores de referência normais, sempre dentro dos limites da normalidade. Em relação aos Ângulos Estatísticos, algumas pequenas alterações foram observadas na pelve, quadril, joelho, tornozelo e pé, sem muita relevância.

Nas medidas descritivas dos parâmetros de Gait Profile Score, Gait Variable Scores e Gait Deviation Index, é possível observar que nem o valor médio observado de GPS nem do GDI foram estatisticamente diferentes do valor padrão.

A avaliação dos marcadores com a utilização dos movimentos da marcha pode fornecer uma caracterização objetiva das alterações da marcha após a fratura do tornozelo. Essa avaliação é importante não apenas na prática clínica para avaliar o desempenho dos pacientes, mas também na pesquisa clínica como ponto de referência para avaliar as intervenções reabilitadoras existentes ou novas, e pode fornecer uma caracterização objetiva das alterações da marcha após a fratura do tornozelo.

A cinética e cinemática do tornozelo utilizada nesta pesquisa mostrou ser eficiente na verificação do comportamento do indivíduo durante as principais fases da marcha. Os dados levantados mostraram coerência com o padrão esperado da marcha normal para todos os voluntários, numa análise absoluta. Novas pesquisas

devem ser realizadas com número maior de amostras, comparando-se grupos específicos, e investigando variáveis intervenientes do ciclo da marcha.

O que limitou muito o estudo foi o número de pacientes avaliados. Apesar de ser uma fratura relativamente comum atendida em emergências, a análise no Laboratório de Marcha requer um tempo relativamente grande para realizar o exame, e muitos pacientes se negam a realizar por esse motivo. Além disso, a coleta do exame requer um profissional de saúde que saiba manusear os sensores e usar o programa específico. Cabe também salientar que os Laboratórios de Marcha são escassos no país por serem muito onerosos, além de que interpretar os dados tridimensionais é bastante difícil e requer profissionais capacitados.

Os resultados apresentados neste estudo justificam o uso da marcha na prática clínica e encorajam o desenvolvimento de métodos de intervenção que enfatizam a função. Os marcadores de marcha interferem de maneira positiva na função locomotora da marcha em pacientes com fratura de tornozelo associada a sindesmose e realça a retenção das habilidades desenvolvidas no treino em médio prazo.

6 CONCLUSÃO

Os resultados do estudo sugerem que as características cinéticas e cinemáticas da marcha variam, mesmo que pouco, entre pacientes submetidos a tratamento cirúrgico de fratura do tornozelo associada a lesão da sindesmose. Acredita-se que os achados de caracterização da marcha para diferentes subtipos de gravidade de fratura do tornozelo, conforme indicado pelos resultados, será estabelecida por uma investigação mais aprofundada de amostras suficientemente grandes, apoiando assim os achados do presente estudo.

Os parâmetros e resultados que foram encontrados da análise da marcha do estudo atual ajudarão a avaliar de forma imparcial e confiável o resultado clínico e biomecânico das cirurgias de fraturas de tornozelo com fixação da sindesmose. Nossa hipótese é que o estudo em laboratório de análise de movimentos dos pacientes com essa característica de fratura, trará grandes benefícios tanto para entender as possíveis limitações que o paciente pode apresentar, como para formar protocolos de reabilitação mais precoce e consequentemente melhorar os resultados a curto e longo prazo.

REFERÊNCIAS

1. Elsoe R, Ostgaard SE, Larsen P. Population-based epidemiology of 9767 ankle fractures. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(1):34-9.
2. Warner SJ, Garner MR, Schottel PC, Hinds RM, Loftus ML, Lorch DG. Analysis of PITFL injuries in rotationally unstable ankle fractures. *Foot Ankle Int.* 2015;36(4):377- 382.
3. Malwattage LT, Jayatilaka, M, Matthew DG, Andrew F, Lauren F, Andrew M. et al. Anatomy of the Insertion of the Posterior Inferior Tibiofibular Ligament and the Posterior Malleolar Fracture. *Foot & Ankle International*; 2019.
4. Harper MC. Talar Shift. The stabilizing role of the medial, lateral and posterior ankle structures. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;257(8): 177-83.
5. Lampridis V, Gougoulas N, Sakellariou A. Stability in ankle fractures: diagnosis and treatment. *EFORT Open Reviews.* 2018;3(5):2940303.
6. Elgafy H, Semaan HB, Blessinger B, Wassef A, Ebraheim NA. Computed tomography of normal distal tibiofibular syndesmosis. *Skeletal Radiol.* 2010; 39(6):559-64.
7. LaMothe J, Baxter JR, Gilbert S, Murphy CI, Karnovsky SC, Drakos MC. Effect of complete syndesmotic disruption and deltoid injuries and different reduction methods on ankle joint contact mechanics. *Foot Ankle Int.* 2017;38(6):694-700.
8. Kwon JY, Cronin P, Velasco B, Chiodo C. Evaluation and significance of mortise instability in supination external rotation fibula fractures: a review article. *Foot Ankle Int.* 2018;39(7):865-73.
9. Martin RL, Irrgang JJ, Burdett RG, Conti SF. Evidence of validity for the Foot and Ankle Disability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int.* 2005;26(11):968-83.
10. Sanders D, Schneider P, Taylor M, Tieszer C, Lawendy AR Improved reduction of the tibiofibular syndesmosis with TightRope compared with screw fixation: results of a randomized controlled study. *J Orthop Trauma.* 2019;33(11):531-7.
11. Joshua M, Alison N, Daniel V, Timothy RD, James WB. Gait analysis in orthopedic foot and ankle surgery: topical review, part 1: principles and uses of gait analysis. *Foot & Ankle International.* 2014;35(1):80-90.
12. Elbaz A, Mor A, Segal G, Bar D, Monda MK, Kish B. et al. Lower extremity kinematic profile of gait of patients after ankle fracture: a case-control study. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(5):918–921.
13. Oppelt K, Hogan A, Stief F, Grutzner PA, Trinler U. Movement analysis in orthopedics and trauma surgery - measurement systems and clinical applications. *Z Orthop Unfall.* 2020;158(3):304-17.

14. Yuki O, Tomoyuki N, Mikiya S, Masahiro Y, Yusuke T, Munekazu K, et al. Gait analysis using the Oxford Foot Model for ankle arthrodesis compared with normal control. AOFAS Annual Meeting; 2018.
15. Evers J, Fischer M, Zderic I. The role of a small posterior malleolar fragment in trimalleolar fractures: a biomechanical study. *Bone Joint J.* 2018;100-B(1):95–100.
16. Dylan W, Jessica M, Karl C; Carolyn M, Katherine K, Brian C. Multi-Segment Foot and Ankle Gait Kinematics Following Total Ankle Arthroplasty. AOFAS at Home Annual Meeting; 2020.
17. Shah NH, Sundaram RO, Velusamy A, Braithwaite IJ. Five-year functional outcome analysis of ankle fracture fixation. *Injury.* 2007;38(1):1308-12.
18. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15(1):349–53.
19. Martin RL, Burdett JJ. Irrgang. Development of the Foot and Ankle Disability Index (FADI). *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 29(1):32A.
20. Losch A, Meybohm P, Schmalz T, Fuchs M, Vamvakakis F, Dresing K. et al. Functional results of dynamic gait analysis after 1 year of hobby-athletes with a surgically treated ankle fracture. *Sportverletz Sportschaden.* 2002;16(1):101-7.
21. Fonseca LLD, Nunes IG, Nogueira RR, Martins GEV, Mesencio AC, Kobata SI. Reproducibility of the Lauge-Hansen, Danis-Weber, and AO classifications for ankle fractures. *Rev Bras Ortop.* 201;53(1):101-6.
22. Malwattage LT, Jayatilaka, M, Matthew DG, Andrew F, Lauren F, Andrew M, et al. Anatomy of the insertion of the posterior inferior tibiofibular ligament and the posterior malleolar fracture. *Foot & Ankle International.* 2019
23. Solari J, Benjamin J, Wilson J, Lee R, Pitt M. Ankle mortise stability in Weber C fractures: indications for syndesmotic fixation. *J Orthop Trauma.* 1991;5(1):190-5.
24. Tornetta P, Stark E, Creevy WR. Syndesmotic instability in Weber B ankle fractures: a clinical evaluation. Read at the Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association: Salt Lake City; 2003.
25. Hunt KJ. Syndesmosis injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2013;6(1):304-12.
26. Rammelt S, Zwipp H, Grass R. Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot Ankle Clin.* 2008;13(4):611-33.
27. Pogliacomi F, De Filippo M, Casalini D, Longhi A, Tacci F, Perotta R. Acute syndesmotic injuries in ankle fractures: from diagnosis to treatment and current concepts. *World J Orthop.* 2021;12(5): 270-291.

28. Lash N, Horne G, Fielden J, Devane P. Ankle fractures: functional and lifestyle outcomes at 2 years. *ANZ J Surg.* 2002;72(10):724-30.
29. Thakore RV, Hooe BS, Considine P, Sathiyakumar V, Onuoha G, Hinson JK. et al. Ankle fractures and employment: a life-changing event for patients. *Disabil Rehabil.* 2015;37(5):417-22.
30. Wire J, Hermena S, Slane VH. Ankle fractures. *Steat Perls.* 2022;15(8):1-15.
31. Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM, Stefanyshyn D, Stergiou P. Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 3: Talar movement. *Foot Ankle Int.* 2003; 24(1):897-900.
32. Danis R. Les fractures malleolaires. In: Danis R, editor. *Théorie et pratique de l'ostéosynthèse.* Paris: Masson; 1949. p. 133-65
33. Lauge-Hansen N. Ligamentous ankle fractures; diagnosis and treatment. *Acta Chir Scand.* 1949;97(6):544-50.
34. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma.* 2018;32(Suppl 1):S1-S170.
35. Hsu CY, Tsai YS, Yau CS, Hung-Hai Shie HH, Wu CM. Differences in gait and trunk movement between patients after ankle fracture and healthy subjects. *BioMed Eng OnLine.* 2019;18(26):1-13.
36. Seewoonarain S, Prempeh M, Shakokani M, Magan A. Ankle fractures: review article. *J Arthritis* 2015;5(1):1–4.
37. Ovaska M. Complications in ankle fracture surgery. *Acta Orthop* 2015;86(358):1–35.
38. Belmont PJ, Davey S, Rensing N, Bader JO, Waterman BR, Orr JD. Patient-based and surgical risk factors for 30-day postoperative complications and mortality after ankle fracture fixation. *J Orthop Trauma* 2015;29(1):e476–e482.
39. Court-Brown CM, McBirnie J, Wilson G. Adult ankle fractures--an increasing problem? *Acta Orthop Scand.* 1998;69(1):43-7.
40. Court-Brown CM, Caesar V. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 2006;37(1):691-7.
41. Singh R, Kamal T, Roulohamin N, Maoharan G, Ahmed B, Theobald P. Ankle Fractures: A Literature Review of Current Treatment Methods. *Open J. Orthop.* 2014; 4(7):292-3.
42. Marsh J, Saltzman, C. Ankle Fractures; Volume Rockwood and Green's Fractures in Adults. In: Bucholz RW, Heckman JD. eds. Lippincott Williams and Wilkins: Philadelphia, PA, USA; 2002.

43. Valtola A, Honkanen R, Kröger H, Tuppurainen M, Saarikoski S, Alhava E. Lifestyle and other factors predict ankle fractures in perimenopausal women: A population-based prospective cohort study. *Bone*. 2002;30(1):238-42.
44. Liu S, Zhu Y, Chen W, Wang L, Zhang X, Zhang Y. Demographic and socioeconomic factors influencing the incidence of ankle fractures, a national population-based survey of 512187 individuals. *Sci. Rep.* 2018; 8(7):10443.
45. Jensen, S.L.; Andresen, B.K.; Mencke, S.; Nielsen, P.T. Epidemiology of ankle fractures. A prospective population-based study of 212 cases in Aalborg, Denmark. *Acta Orthop. Scand.* 1998;69(1):48-50.
46. Kemler E, van de Port I, Valkenberg H, Hoes AW, Backx FJ. Ankle injuries in the Netherlands: Trends over 10-25 years. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(3):331-7.
47. Pogliacomi F, Artoni C, Riccoboni S, Calderazzi F, Vaienti E, Ceccarelli F. The management of syndesmotic screw in ankle fractures. *Acta Biomed.* 2018;90(Suppl1):146–149.
48. van Zuuren WJ, Schepers T, Beumer A, Sierevelt I, van Noort A, van den Bekerom MPJ. Acute syndesmotic instability in ankle fractures: A review. *Foot Ankle Surg.* 2017;23(3):135-41.
49. Kennedy JG, Soffe KE, Dalla Vedova P, Stephens MM, O'Brien T, Walsh MG, McManus F. Evaluation of the syndesmotic screw in low Weber C ankle fractures. *J Orthop Trauma* . 2000;14(5):359-366.
50. Dubin JC, Comeau D, McClelland RI, Dubin RA, Ferrel E. Lateral and syndesmotic ankle sprain injuries: a narrative literature review. *J Chiropr Med.* 2011;10(3):204-19.
51. Schepers T. Acute distal tibiofibular syndesmosis injury: a systematic review of suture-button vs syndesmotic screw repair. *Int Orthop.* 2012;36(6):1199-206.
52. Kim JH, Gwak HC, Lee CR, Choo HJ, Kim JG, Kim DY. A Comparison of Screw Fixation and Suture-Button Fixation in a Syndesmosis Injury in an Ankle Fracture. *J Foot Ankle Surg* . 2016;55(5):985–990.
53. Xie L, Xie H, Wang J, Chen C, Zhang C, Chen H, Zheng W. Comparison of suture button fixation and syndesmotic screw fixation in the treatment of distal tibiofibular syndesmosis injury: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg.* 2018;60(12):120-31.
54. Brotzman, S.B.; Manske, R.C. *Clinical Orthopaedic Rehabilitation: An Evidence-Based Approach*, 3rd ed.; Elsevier Mosby: Philadelphia, PA, USA; 2011.
55. Tengberg PT, Ban I. Treatment of ankle fractures. *Ugeskr Laeger.* 2018 Oct 08;180(41):21-6.

56. Sung KH, Kwon SS, Yun YH, Park MS, Lee KM, Nam M, et al. Short-term outcomes and influencing factors after ankle fracture surgery. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(6):1096–100
57. Blom RP, Meijer DT, de Muinck Keizer RO, Stufkens SAS, Sierevelt IN, Schepers T, et al. Posterior malleolar fracture morphology determines outcome in rotational type ankle fractures. *Injury.* 2019;50(7):1392-7.
58. van Hoeve S, Houben M, Verbruggen J, Willems P, Meijer K, Poeze M. Gait analysis related to functional outcome in patients operated for ankle fractures. *J Orthop Res.* 2019;37(7):1658-66.
59. Lessa LM, Gouvêa JP. Análise biomecânica da marcha humana durante o subir e descer escadas. *Cad UniFOA.* 11 de dezembro de 2018;13(38):21-36.
60. Elbaz A, Mor A, Segal G, Bar D, Monda MK, Kish B. et al. Lower Extremity Kinematic Profile of Gait of Patients After Ankle Fracture: A Case-Control Study. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(5):918-92.
61. Baker R, McGinley JL, Schwartz MH, Beynon S, Rozumalski A, Graham HK. et al., 2009. The Gait Profile Score and Movement Analysis Profile. *Gait Posture.* 2009;30(3):265-9.
62. Wang C, Ma X, Wang X, Huang J, Zhang C, Chen L. Internal fixation of distal tibiofibular syndesmotom injuries: a systematic review with meta-analysis. *Int Orthop.* 2013;37(9):1755-63.
63. Wang R, Thur CK, Gutierrez-Farewik EM, Wretenberg P, Broström E. One year follow-up after operative ankle fractures: A prospective gait analysis study with a multi-segment foot model. *Gait Posture.* 2010;31(1):234-40.
64. Mirando M, Corrado C, Federica Z, Fabio P, Antonio N, Chiara P. Gait Alterations in Adults after Ankle Fracture: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel),* 2022 14;12(1):199.
65. Richards J. *Biomechanics in Clinic and Research.* 1ª ed. Philadelphia: Elsevier; 2008.
66. Kadaba MP, Kamakrishnan HK, Wootten ME, Gainey J, Gorton G, Cochran GV. Repeatability of kinematic, kinetic and electromyographic data in normal adult gait. *J Orthop Res.* 1989; 7(6): 849-60
67. Echigoya K, Okada K, Wakasa M, Saito A, Kimoto M, Suto A. Changes to foot pressure pattern in post-stroke individuals who have started to walk independently during the convalescent phase. *Gait Posture.* 2021;90(1):307-12.
68. Putortì A, Corrado M, Avenali M, Martinelli D, Allena M, Cristina S. et al. The effects of intensive neurorehabilitation on sequence effect in parkinson's disease patients with and without freezing of gait. *Front. Neurol.* 2021;12(1):723468.

69. Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H. Technique of internal fixation of fractures. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag; 1965.
70. Mak KH, Chan KM, Leung PC. Ankle fracture treated with the AO principle—an experience with 116 cases. *Injury*. 1985;16(4):265-72.
71. Sutherland DH. The evolution of clinical gait analysis part I: kinesiological EMG, Gait posture; 2001.
72. Baker R, McGinley JL, Schwartz MH, Beynon S, Rozumalski A, Graham HK. et al. The Gait Profile Score and Movement Analysis Profile. *Gait Posture*. 2009;30(3):265-9.
73. Hsu CY, Tsai YS, Yau CS, Shie HH, Wu CM. Differences in gait and trunk movement between patients after ankle fracture and healthy subjects. *Bio Med Eng OnLine*. 2019;18(1):26.
74. Segal G, Elbaz A, Parsi A, Heller Z, Palmanovich E, Nyska M. et al. Clinical outcomes following ankle fracture: a cross-sectional observational study. *J Foot Ankle Res*. 2014;7(11):50-3.
75. Hancock MJ, Herbert RD, Stewart M. Prediction of outcome after ankle fracture. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(1):786-92.
76. Egol KA, Tejwani NC, Walsh MG, Capla EL, Koval KJ. Predictors of short-term functional outcome following ankle fracture surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(5):974-9.

APÊNDICE A – FICHA CLÍNICA DA PESQUISA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
SERVIÇO DE CIRURGIA

DADOS CLÍNICOS

- Gênero:
- Idade:
- Classificação da fratura:
- Mecanismo de trauma:
- Tempo de pós-operatório:
- Queixas:
- Uso de medicações:
- Histórico cirúrgico:
- Fisioterapia pós-operatória:

DADOS ANTROPOMÉTRICOS:

- Peso:
- Altura:
- Lado da fratura:
- Grau de edema:
- Postos de dor:
- Distância entre as espinhas ilíacas ântero-superiores (EIAS):
- Profundidade pélvica:
- Comprimento dos membros inferiores:
- Diâmetro dos joelhos:
- Diâmetro dos tornozelos:

DADOS DINÂMICOS

Amplitude de movimentos:

- Quadril:
- Joelhos:
- Tornozelos:
- Pés:

GRAU DE FORÇA:

QUESTIONÁRIO:**Nome:****Sexo:****Data de nascimento / Idade:****Lado operado:****Data da cirurgia:****Data do exame de marcha:**

Lesão da sindesmose: _____ Sim _____ Não

Classificação de Weber:

Classificação AO:

Classificação de Lauge-Hansen:

Material usado:

- Placa 1/3 de cano não bloqueada _____
- Placa 1/3 de cano bloqueada _____
- Placa anatômica de fíbula _____
- Placa DCP/Reconstrução _____
- Haste de fíbula _____
- Outras _____

Fisioterapia Pós-operatória:

- Regularmente _____
- Irregularmente _____

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS PACIENTES COM FRATURAS DO TORNOZELO ASSOCIADAS A LESÃO DOS LIGAMENTOS DA SINDESMOSE SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO**, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador Romero Montenegro Nery (romeromnery@gmail.com **Telefone: 55 81 98812-8138 (disponível para ligações a cobrar)**) endereço: R. Djalma Farias, 265 - Torreão, Recife - PE, 52030-250 Sob a orientação de Epitácio Leite Rolim Filho Filhorolim@gmail.com **Telefone: 55 81 8804-3333**

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

➤ A fratura de tornozelo é uma lesão desafiadora tanto para o paciente quanto para o ortopedista, já que tanto a sua anatomia é complexa quanto ao fato de que essa parte do corpo aguenta cargas até 4 vezes o peso corporal. Muitas vezes pacientes, apesar de tratamento cirúrgico adequado, com dor e degeneração da articulação. Uma forma de análise dos distúrbios do sistema locomotor que foi recentemente desenvolvida é a análise tridimensional da marcha, que permite analisar e quantificar o movimento das articulações do corpo através da filmagem em um laboratório especialmente construído para isso, chamado de laboratório da marcha (caminhada) do participante, utilizando sensores (pequenos equipamentos eletrônicos que são “vestidos” durante o teste) e câmeras especiais, que permite detectar formas de caminhar que se desviem do padrão da normalidade permitindo diagnosticar, quantificar e localizar lesões, bem como o quanto as mesmas “atrapalham” a caminhada, denunciando lesões ocultas que podem ter passado despercebidas aos exames físico e de imagem (raio x, tomografia, ressonância, etc)

➤ O estudo consistirá na participação pelo(a) senhor(a) de uma avaliação de marcha tridimensional no laboratório de marcha, que consistirá em caminhar no laboratório utilizando sensores de movimento. Além disso o(a) Sr(a) responderá um questionário no qual perguntaremos sobre dados como idade, qual tipo da sua fratura, sexo, se você tem dor, etc, também serão analisadas, com a sua permissão, quaisquer exames de imagem que tenha em sua posse.

RISCOS: Os testes são indolores e não causam nenhum ferimento, porém envolvem caminhadas, podendo causar fadiga. O participante poderá interromper o teste a qualquer momento. O participante estará à vontade para interromper o procedimento de análise de marcha e recomeçar quando viável. Durante o teste há a necessidade do uso de roupas de

banho para que possam ser utilizados os sensores, sendo possível que haja constrangimento para o participante. Para que isso não ocorra o teste será realizado em recinto fechado, sendo o participante livre para trazer acompanhantes, bem como encerrar quando desejar sua participação no estudo

BENEFÍCIOOS: A análise da marcha permite uma avaliação mais profunda e dinâmica dos problemas que afetam a caminhada (marcha) dos participantes, permitindo um melhor acompanhamento por ortopedista, fisioterapeuta, terapeuta ocupacional, entre outras especialidades, permitindo que sejam desenvolvidas novas estratégias de tratamento e acompanhamento no futuro, bem como a identificação de padrões de marcha mais associados a lesões da sindesmose

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta (resultados de análise da marcha), ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br).**

(assinatura do pesquisador)



CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS PACIENTES COM FRATURAS DO TORNOZELO ASSOCIADAS A LESÃO DOS LIGAMENTOS DA SINDESMOSE SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO** como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Impressã
o digital
(opcional)

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

ANEXO A – AOFAS ANKLE-HINDFOOT SCALE

orthotoolkit 

AOFAS Ankle-Hindfoot Scale

Patient Name: _____

Patient MRN: _____

Date: _____

I. Pain (40 points)

☐ None	+40
☐ Mild, occasional	+30
☐ Moderate, daily	+20
☐ Severe, almost always present	+0

II. Function (50 points)

Activity limitations, support requirements

☐ No limitations, no support	+10
☐ No limitation of daily activities, limitations of recreational activities, no support	+7
☐ Limited daily and recreational activities, cane	+4
☐ Severe limitation of daily and recreational activities, walker, crutches, wheelchair, brace	+0

Maximum walking distance, blocks

☐ Greater than six	+5
☐ Four-six	+4
☐ One-three	+2
☐ Less than one	+0

Walking surfaces

☐ No difficulty on any surface	+5
☐ Some difficulty on uneven terrain, stairs, inclines, ladders	+3
☐ Severe difficulty on uneven terrain, stairs, inclines, ladders	+0

Gait abnormality

☐ None, slight	+8
☐ Obvious	+4
☐ Marked	+0

Sagittal motion (flexion plus extension)

☐ Normal or mild restriction (30° or more)	+8
☐ Moderate restriction (15° - 29°)	+4
☐ Severe restriction (less than 15°)	+0

Hindfoot motion (inversion plus eversion)

☐ Normal or mild restriction (75% - 100% normal)	+6
☐ Moderate restriction (25% - 74% normal)	+3
☐ Marked restriction (less than 25% of normal)	+0

Ankle-hindfoot stability (anteroposterior, varus-valgus)

☐ Stable	+8
☐ Definitely unstable	+0

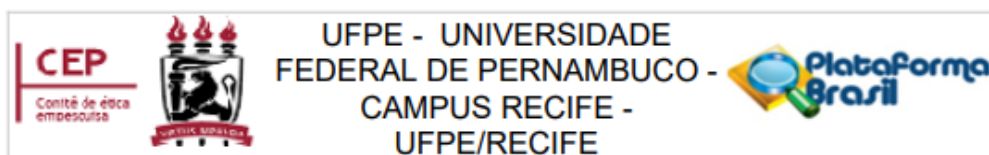
III. Alignment (10 points)

☐ Good, plantigrade foot, ankle-hindfoot well aligned	+10
☐ Fair, plantigrade foot, some degree of ankle-hindfoot malalignment observed, no symptoms	+5
☐ Poor, nonplantigrade foot, severe malalignment, symptoms	+0

IV. Total Score (100 points):

_____ Pain Points +
_____ Function Points +
_____ Alignment Points =

_____ Total Points/100 points

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS PACIENTES COM FRATURAS DO TORNOZELO ASSOCIADAS A LESÃO DOS LIGAMENTOS DA SINDESMOSE SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO.

Pesquisador: Montenegro Nery Romero

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 64937821.8.0000.5208

Instituição Proponente: Programa de Pós-graduação em Cirurgia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

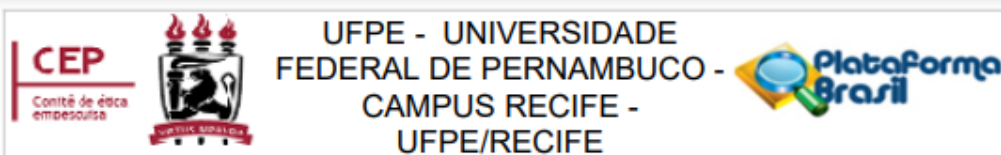
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.841.495

Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa apresentado ao departamento de pós graduação em cirurgia como requisito parcial para conclusão do curso de mestrado em cirurgia da Universidade Federal de Pernambuco, orientado pelo Prof Dr. Eptácio Leite Rolim Filho, onde será realizado um estudo longitudinal prospectivo, com pacientes de ambos os sexos, idade entre 18 e 40 anos de idade, com diagnóstico de fraturas fechadas do tornozelo com e sem lesão ligamentar associada, e a técnica cirúrgica que será preconizada para estudo será a redução aberta da fratura, com osteossíntese do maléolo lateral utilizando placa e parafusos. Caso o paciente apresente lesão ligamentar associada da sindemose, a fixação também da sindemose será realizada. Todos os dados clínicos e radiológicos a saber serão coletados: idade, sexo, classificação radiográfica da fratura, mecanismo do trauma, queixas ortopédicas referidas, uso de medicações pelo paciente, tempo de pós-operatório, histórico cirúrgico e se fez fisioterapia adequadamente. Dados do exame físico serão aferidos e coletados: altura, peso, lado acometido, amplitude de movimento do tornozelo, grau de força, grau de edema e pontos de dor. Os estudos cinético, cinemático e eletromiográfico serão realizados no laboratório de marcha BTS GAITLAB, utilizando-se marcadores e sensores montados na pele do paciente em referências anatômicas padronizados pelo método.

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.841.495

Objetivo da Pesquisa:**Objetivo Primário:**

Avaliação biomecânica dos pacientes com fraturas do tornozelo associadas a lesão dos ligamentos da sindesmose submetidos a tratamento cirúrgico, através da análise tridimensional da marcha de pacientes operados de fratura do tornozelo com e sem lesão dos ligamentos da sindesmose.

Objetivo Secundário:

- Avaliar através da cinética e cinemática os pacientes com fraturas do tornozelo associadas a lesão da sindesmose e submetidos a tratamento cirúrgico.
- Correlacionar os resultados da análise cinemática e cinética com os resultados clínicos nesses pacientes.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:**Riscos:**

Os testes a serem realizados no laboratório de marcha não causam nenhum tipo de dor ou outro sintoma. É raro, mas uma certa fadiga muscular pode acontecer. Caso ocorra, o candidato estará à vontade para interromper o estudo e recomeçar quando estiver confortável. Pelo fato dos pacientes necessitarem do uso de trajes de banho durante o exame da marcha, pode existir um certo constrangimento. Isso será explicado durante a anamnese no consultório, e o paciente pode optar em não participar do estudo, caso esse constrangimento ocorra.

Benefícios:

O estudo irá determinar se os pacientes que apresentam lesão da sindesmose associada a fratura do tornozelo, podem ou não apresentar alguma alteração na marcha, comparados aos pacientes que não apresentam lesão da sindesmose, e no que isso pode influenciar na recuperação e em alguma limitação após o tratamento instituído.

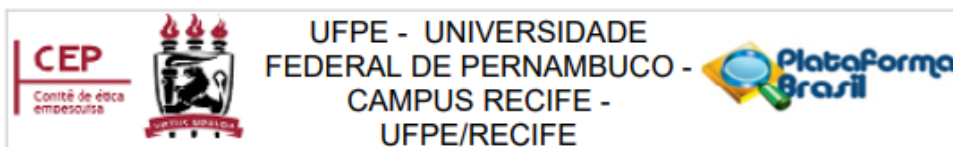
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto destaca a busca do tratamento ideal conduziu ao desenvolvimento de métodos diagnósticos com excelente acurácia para facilitar o acompanhamento pós-operatório das fraturas do tornozelo, onde a ortopedia dispõe de novas tecnologias no laboratório de marcha, com possibilidade de boa predição para os resultados da fratura do tornozelo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentados estão em conformidade com as normas do CEP.

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.841.495

Recomendações:

Sem Recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Conforme as instruções do Sistema CEP/CONEP, ao término desta pesquisa, o pesquisador tem o dever e a responsabilidade de garantir uma devolutiva acessível e compreensível acerca dos resultados encontrados por meio da coleta de dados a todos os voluntários que participaram deste estudo, uma vez que esses indivíduos têm o direito de tomar conhecimento sobre a aplicabilidade e o desfecho da pesquisa da qual participaram.

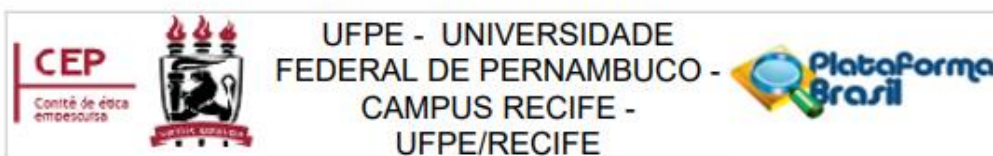
Informamos que a aprovação definitiva do projeto só será dada após o envio da NOTIFICAÇÃO COM O RELATÓRIO FINAL da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final disponível em www.ufpe.br/cep para enviá-lo via Notificação de Relatório Final, pela Plataforma Brasil. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado. Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1656007.pdf	27/12/2022 14:06:55		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto detalhado_correcao.pdf	27/12/2022 14:06:45	Montenegro Nery Romero	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	27/12/2022 14:05:58	Montenegro Nery Romero	Aceito
Outros	CARTARESPOSTA.pdf	27/12/2022 14:05:17	Montenegro Nery Romero	Aceito

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde**Bairro:** Cidade Universitária**CEP:** 50.740-600**UF:** PE**Município:** RECIFE**Telefone:** (81)2126-8588**Fax:** (81)2126-3163**E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.841.495

Outros	CartaAnuencianova.pdf	14/12/2022 14:47:23	Montenegro Nery Romero	Aceito
Outros	confidencialidadermn.jpeg	07/11/2022 11:01:57	Montenegro Nery Romero	Aceito
Folha de Rosto	folharostormn.pdf	07/11/2022 10:57:24	Montenegro Nery Romero	Aceito
Outros	Questionario_Metsrado.docx	27/10/2021 12:35:08	Montenegro Nery Romero	Aceito
Outros	declaracao_20211006968.pdf	27/10/2021 11:33:04	Montenegro Nery Romero	Aceito
Outros	curriculoromero.pdf	27/10/2021 11:22:45	Montenegro Nery Romero	Aceito
Outros	curriculoepitacio.pdf	27/10/2021 11:22:12	Montenegro Nery Romero	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 29 de Dezembro de 2022

Assinado por:

LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br