JOÃO CARLOS RODRIGUES

Tomografia computadorizada comparativa com manobras de estresse para avaliação de instabilidade da sindesmose tibiofibular distal na fase aguda pós-entorse do tornozelo: um estudo de acurácia diagnóstica

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Leme Godoy dos Santos

(Versão corrigida. Resolução CoPGr n° 6018, de 13 de outubro de 2011. A versão original está disponível na Biblioteca FMUSP)

SÃO PAULO

2022

JOÃO CARLOS RODRIGUES

Tomografia computadorizada comparativa com manobras de estresse para avaliação de instabilidade da sindesmose tibiofibular distal na fase aguda pós-entorse do tornozelo: um estudo de acurácia diagnóstica

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Leme Godoy dos Santos

(Versão corrigida. Resolução CoPGr n° 6018, de 13 de outubro de 2011. A versão original está disponível na Biblioteca FMUSP)

SÃO PAULO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Rodrigues, João Carlos
Tomografia computadorizada comparativa com manobras de estresse para avaliação de instabilidade da sindesmose tibiofibular distal na fase aguda pós-entorse do tornozelo : um estudo de acurácia diagnóstica / João Carlos Rodrigues. -- São Paulo, 2022.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético.
Orientador: Alexandre Leme Godoy dos Santos.

Descritores: 1.Entorse do tornozelo 2.Articulação do tornozelo 3.Instabilidade articular 4.Tomografia computadorizada 5.Acurácia diagnóstica 6.Estudo comparativo

USP/FM/DBD-181/22

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais, **João** (*in memoriam*) e **Nivalda**, às minhas queridas irmãs, **Rita** e **Sandra**, pelo meu ensino, estrutura pessoal e pela convicção absoluta de que o mais importante da vida é a constante procura dos nossos ideais.

À minha querida esposa, **Carolina**, pelo suporte ininterrupto e discernimento, pela solidariedade, convivência e por toda a afeição entregue a mim e à nossa família. De maneira alguma, teríamos superado barreiras, alcançado vitórias e partilhado nossa felicidade sem ela.

Aos meus dois valiosos filhos, **Pedro** e **Isadora**, por serem minha principal motivação e determinação em continuar sempre em frente, e por serem os melhores e maiores presentes que já recebi.

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos avôs e avós, Alfredo (*in memoriam*) e Antônio (*in memoriam*), Virgínia (*in memoriam*) e Ondina (*in memoriam*), pela formação de nossa família.

A todas as famílias Rodrigues, Ghidetti, Ferreira e Costa, Amaral e Moraes, pela amizade, compreensão e suporte.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Leme Godoy dos Santos, pela confiança, motivação e suporte durante o desenvolvimento desta tese.

Ao Prof. Dr. Marco Kawamura Demange, principal incentivador da minha inscrição no doutorado, pelo fundamental apoio.

Aos Drs. Marcelo Pires Prado, Renato Amaral Masagão e José Felipe Marion Alloza, pela inestimável contribuição sobre a visão ortopédica deste projeto.

Ao Dr. Adham do Amaral e Castro, pela enorme contribuição como segundo observador dos exames de imagem.

Aos Drs. Laércio Alberto Rosemberg e Durval do Carmo Barros Santos, pela fundamental participação na concepção deste projeto.

Aos Drs. Eduardo Angeli Malavolta e Paulo Schiavon Duarte e ao Prof. Dr. Túlio Diniz Fernandes, por participarem da banca de qualificação e contribuírem significativamente para a melhoria desta tese.

Aos Profs. Drs. Gilberto Luis Camanho, Olavo Pires de Camargo e Tarcísio E. P. de Barros Filho, pela oportunidade de defender esta tese no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Aos colegas radiologistas do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e do Hospital Israelita Albert Einstein, pela contribuição e suporte à concepção deste projeto.

Aos biomédicos do Hospital Albert Einstein, pela colaboração na realização dos exames de imagem.

Às secretárias Rosana Moreno da Costa e Tânia Borges e às bibliotecárias Camila Gomes da Rocha D´Agostino e Andressa da Costa Santos Souza (*in memoriam*), pelo inestimável auxílio durante a pós-graduação.

A todos os pacientes que aceitaram fazer parte deste estudo e colaboraram com o avanço da ciência.

EPÍGRAFE

"A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez."

George Bernard Shaw

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Nomes das estruturas anatômicas baseados na Terminologia Anatômica: Terminologia Anatômica Internacional, Editora Manole, 1ª ed., São Paulo, 2001.

Vocabulário ortográfico da língua portuguesa, 5ª edição, 2009, elaborado pela Academia Brasileira de Letras, em consonância com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, promulgado pelo decreto nº 6583/2008.

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journal Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª ed., São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

Listas de figuras

Lista de tabelas

Lista de gráficos

Resumo

Abstract

1	**INTRODUÇÃO.....**	**01**
2	**OBJETIVO.....**	**04**
3	**REVISÃO DA LITERATURA……..**	**06**
3.1	Aspectos epidemiológicos.....	06
3.2	Anatomia.....	08
3.2.1	Óssea.....	08
3.2.1.1	Tíbia e fíbula.....	08
3.2.2	Ligamentos.....	12
3.2.2.1	Ligamento tibiofibular anteroinferior.....	12
3.2.2.2	Ligamento tibiofibular anteroinferior acessório.....	14
3.2.2.3	Ligamento interósseo.....	15
3.2.2.4	Ligamento tibiofibular posteroinferior e transverso inferior.....	17
3.3	Biomecânica.....	19
3.3.1	Efeitos da sindesmose tibiofibular sobre a articulação tibiotalar....	19
3.3.2	Modo de lesão ligamentar.....	21
3.3.3	Contribuições dos ligamentos para a estabilidade da sindesmose tibiofibular distal.....	22
3.4	Exames de imagem.....	23
3.4.1	Radiografia.....	23
3.4.2	Tomografia computadorizada.....	25
3.4.3	Tomografia computadorizada com carga axial em posição ortostática.....	33
3.4.4	Ressonância magnética.....	36

3.4.5	Estudos de revisão sistemática sobre acurácia diagnóstica.....	41
3.5	Classificação.....	43
4	**MÉTODOS.....**	47
4.1	Desenho do estudo.....	47
4.2	Aprovação na comissão de ética e termo de consentimento.....	47
4.3	Custo.....	48
4.4	População estudada.....	48
4.5	Participantes.....	48
4.5.1	Critérios de inclusão.....	48
4.5.2	Critérios de exclusão.....	49
4.6	Seleção e recrutamento de participantes.....	49
4.7	Testes índices.....	52
4.7.1	Parâmetros técnicos dos testes de TC.....	52
4.7.2	Prancha de acrílico.....	52
4.7.3	TC dos tornozelos em posição neutra.....	53
4.7.4	TC dos tornozelos com manobras de estresse e joelhos em extensão.....	53
4.7.5	TC dos tornozelos com manobras de estresse e joelhos em semiflexão.....	54
4.7.6	Mensuração dos ângulos das manobras de estresse.....	56
4.7.7	Treinamento dos participantes para realização das manobras de estresse.....	59
4.7.8	Parâmetros de leitura dos testes de TC.....	60
4.8	Teste padrão de referência.....	62
4.8.1	Parâmetros técnicos do exame de RM.....	62
4.8.2	Justificativa para escolha da RM.....	62
4.8.3	Parâmetros de leitura do exame de RM.....	63
4.9	Cegamento e viés de observação.....	63
4.10	Análise estatística.....	64
4.10.1	Análises descritivas.....	64
4.10.2	Análises de inferência sobre acurácia diagnóstica.....	64
4.10.3	Resultados dos testes de TC inválidos, inconclusivos e ausentes.....	65

4.10.4	Resultados do exame de RM inválidos, inconclusivos e ausentes.....	66
4.10.5	Fontes de variabilidade.....	66
4.10.6	Concordância inter e intraobservadores.....	68
4.10.7	Cálculo do tamanho da amostra.....	68
4.10.8	Programa estatístico e limites.....	69
5	**RESULTADOS.....**	**71**
5.1	Características demográficas e clínicas dos participantes.....	71
5.2	Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão da sindesmose.....	74
5.3	Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão dos ligamentos colaterais laterais.....	76
5.4	Intervalo de tempo e intervenções clínicas entre os testes de TC e RM.....	78
5.5	Treinamento dos participantes para realização das manobras de estresse.....	78
5.6	Parâmetros de leitura dos testes de TC.....	79
5.7	Estimativas de acurácia diagnóstica.....	89
5.7.1	Parâmetro rotacional (*a_dif*)	89
5.7.2	Parâmetro translação lateral (*c_dif*)	99
5.7.3	Parâmetro translação anteroposterior (*f_dif*)	102
5.8	Resultados dos testes de TC inválidos, inconclusivos e ausentes.....	106
5.9	Resultados do exame de RM inválidos, inconclusivos e ausentes.....	107
5.10	Análise das fontes de variabilidade.....	107
5.10.1	Acurácia diagnóstica em função da gravidade da lesão da sindesmose.....	108
5.10.2	Acurácia diagnóstica em função das queixas dos participantes....	108
5.10.2.1	Acurácia diagnóstica da TCME-JE em função das queixas dos participantes.....	109
5.10.2.2	Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função das queixas dos participantes.....	112

5.10.3 Acurácia diagnóstica em função dos graus das manobras de estresse..... 115
5.10.3.1 Acurácia diagnóstica da TCME-JE em função da rotação externa do tornozelo..... 118
5.10.3.2 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função da rotação externa do tornozelo..... 121
510.3.3 Acurácia diagnóstica da TCME-JE em função da extensão do tornozelo..... 123
5.10.3.4 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função da extensão do tornozelo..... 126
5.10.3.5 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função da semiflexão do joelho..... 128
5.11 Concordância inter e intraobservador..... 130
6 DISCUSSÃO..... 135
7 CONCLUSÃO..... 147
8 ANEXOS..... 149
9 REFERÊNCIAS..... 174

ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

TCPN	Tomografia computadorizada em posição neutra
RM	Ressonância magnética
TC	Tomografia computadorizada
ROC	*Receiver operating characteristic*
TCME	Tomografia computadorizada com manobras de estresse
TCME-JE	Tomografia computadorizada com manobras de estresse e joelhos em extensão
TCME-JF	Tomografia computadorizada com manobras de estresse e joelhos em semiflexão
mSv	milisieverts
kV	kilovolts
mA	miliamperes
s	segundos
mm	milímetros
a	Medida rotacional
b	Medida rotacional
c	Medida de translação lateral
d	Medida de translação anteroposterior
e	Medida de translação anteroposterior
f	Medida de translação anteroposterior
A1	Medida rotacional
A2	Medida rotacional
G	Medida rotacional
HDX	Modelo do equipamento de RM
GE	*General Eletric*
T1	Sequência de RM

STARD	Diretrizes e normas para relato de estudos de acurácia diagnóstica
TR	Tempo de repetição
TE	Tempo de eco
NEX	Número de excitações
FOV	Campo de visão
T2	Sequência de RM
DP	Densidade de prótons
J	Índice de Youden
MedCalc	Programa estatístico
IO	Ligamento interósseo
TFPI	Ligamento tibiofibular posteroinferior
FSD	Folheto superficial do ligamento deltoide
FPD	Folheto profundo do ligamento deltoide
TFA	Ligamento talofibular anterior
CF	Ligamento calcaneofibular
TFP	Ligamento talofibular posterior
Mín	Mínimo
Máx	Máximo
Les. da sind	Lesão da sindesmose
Tor contral	Tornozelo contralateral saudável
Les. lig. col.	Lesão dos ligamentos colaterais
dif	Diferença
Dif_1	Diferença 1
Dif_2	Diferença 2
a_dif_TCME_JE_0	TC com joelho em extensão no subgrupo assintomático
a_dif_TCME_JE_1	TC com joelho em extensão no subgrupo desconforto
a_dif_TCME_JE_2	TC com joelho em extensão no subgrupo dor

IC	Intervalo de confiança
ASC	Área sob a curva
Z	Estatística Z
a_dif_TCME_JF_0	TC com joelho em semiflexão no subgrupo assintomático
a_dif_TCME_JF_1	TC com joelho em semiflexão no subgrupo desconforto
a_dif_TCME_JF_2	TC com joelho em semiflexão no subgrupo dor
Rot_ext_TCME_JE_1	TC com joelho em extensão no subgrupo rotação externa do tornozelo igual ou superior à média
Rot_ext_TCME_JE_2	TC com joelho em extensão no subgrupo rotação externa do tornozelo inferior à média
Rot_ext_TCME_JF_1	TC com joelho em semiflexão no subgrupo rotação externa do tornozelo igual ou superior à média
Rot_ext_TCME_JF_2	TC com joelho em semiflexão no subgrupo rotação externa do tornozelo inferior à média
Ext_TCME_JE_1	TC com joelho em extensão no subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média
Ext_TCME_JE_2	TC com joelho em extensão no subgrupo extensão do tornozelo inferior à média
Ext_TCME_JF_1	TC com joelho em semiflexão no subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média
Ext_TCME_JF_2	TC com joelho em semiflexão no subgrupo extensão do tornozelo inferior à média
Flex_TCME_JF_1	TC com joelho em semiflexão no subgrupo flexão do joelho igual ou superior à média
Flex_TCME_JF_2	TC com joelho em semiflexão no subgrupo flexão do joelho inferior à média

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - TC com reconstrução 3D da tíbia. A imagem A mostra a crista lateral da tíbia (seta azul) bifurcando-se em margem anterior (seta vermelha) e margem posterior (seta amarela). A imagem B mostra o tubérculo anterior sobrepondo-se à diáfise supramaleolar da fíbula (seta azul) 09

Figura 2 - Imagem de TC com reconstrução 3D da face medial da fíbula. Crista interóssea (seta azul), margem anterior (seta vermelha) e margem posterior (seta amarela) 11

Figura 3 - Imagens de TC no plano axial mostrando os cinco tipos morfológicos da incisura fibular da tíbia. A) Morfologia em crescente. B) Morfologia trapezoidal. C) Morfologia em Chevron. D) Morfologia em bico de viúva. E) Morfologia plana..... 12

Figura 4 - Ligamento tibiofibular anteroinferior. Dissecção anatômica da região lateral do tornozelo (A) mostra o aspecto multifasciculado do ligamento tibiofibular anteroinferior (seta azul). Imagem de RM no plano coronal oblíquo DP (B) mostra o trajeto oblíquo e o aspecto multifasciculado do ligamento tibiofibular anteroinferior com tecido gorduroso entremeando os fascículos (seta vermelha) 13

Figura 5 - Ligamento tibiofibular anteroinferior acessório. Dissecção anatômica da região lateral do tornozelo (A) mostra o fascículo distal do ligamento tibiofibular anteroinferior (seta azul). Imagem de RM no plano coronal oblíquo DP (B) mostra o contato do fascículo distal (ligamento de Bassett) com o domo talar anterolateral (seta)..... 15

Figura 6 - Ligamento interósseo. Dissecção anatômica da região posterior do tornozelo (A) mostra o aspecto multifasciculado do ligamento interósseo (seta azul). Imagem de RM no plano coronal T2 (B) com saturação de gordura mostra o trajeto oblíquo, a origem tibial e a inserção fibular dos fascículos mais posteriores do ligamento interósseo (setas vermelhas). Imagem de RM no plano coronal T2 (C) com saturação de gordura mostra trajeto oblíquo, a origem tibial e a inserção fibular dos fascículos mais anteriores do ligamento interósseo (setas vermelhas). Imagem de RM no plano axial T1 (D) mostra o aspecto multifasciculado do ligamento interósseo com gordura entremeando seus fascículos (seta vermelha) 16

Figura 7 - Ligamento tibiofibular posteroinferior. Imagem de RM no plano axial T1 (A) mostra o ligamento tibiofibular posteroinferior (seta). Imagem no plano coronal DP oblíquo (B) mostra o aspecto compacto e o trajeto mais horizontal do ligamento tibiofibular posteroinferior (seta). Imagem no plano coronal T2 (C) com saturação de gordura mostra a origem mais superior e maior do ligamento tibiofibular posteroinferior no tubérculo posterior da incisura fibular da tíbia em comparação com a inserção mais estreita na fíbula (seta). Dissecção anatômica da região posterior do tornozelo (D) mostra o ligamento tibiofibular posteroinferior (setas azuis) 18

Figura 8 - Imagem de radiografia do tornozelo na incidência de frente. Espaço claro medial (linha amarela), o espaço claro lateral (linha azul) e a sobreposição fibular (linha vermelha) 25

Figura 9 - Imagem de TC comparativa dos tornozelos com as medidas mais frequentemente realizadas no plano axial. Espaços anterior (linha azul), central (linha vermelha) e posterior (linha amarela) da sindesmose..... 33

Figura 10 - Lesões ligamentares mais frequentes da sindesmose. Imagem (A) de RM no plano coronal T2 com saturação de gordura mostra lesão parcial do ligamento tibiofibular posteroinferior com aumento de sinal intrassubstancial (seta azul). Imagem (B) de RM no plano coronal T2 com saturação de gordura mostra lesão completa do ligamento tibiofibular anteroinferior com descontinuidade dos fascículos (seta vermelha). Imagem (C) de RM no plano coronal T2 com saturação de gordura mostra lesão completa do ligamento interósseo (seta amarela) 41

Figura 11 - Fluxograma do estudo. Os indivíduos foram avaliados para elegibilidade com aplicação dos critérios de inclusão. Os indivíduos elegíveis foram convidados a participar do estudo. Após explicação sobre os propósitos do estudo, os indivíduos que aceitaram participar leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e responderam aos questionários clínico-demográficos, antes da realização dos exames de TC e RM..... 51

Figura 12 - Fotografia da prancha de acrílico utilizada nos testes de TC em vista lateral (A) e superior (B)..... 53

Figura 13 - Fotografia de participante durante a fase neutra em vista lateral (A) e superior (B). Fotografia de participante durante a fase de rotação externa dos membros inferiores e extensão dos tornozelos com os joelhos em extensão em vista lateral (C) e superior (D). Fotografia de participante durante a fase de rotação externa e extensão dos tornozelos com os joelhos semiflexionados em vista lateral (E) e superior (F). Almofada de apoio (seta vermelha) utilizada durante a fase com os joelhos em posição semiflexionada (E)..... 55

Figura 14 - Imagem A de TC mostrando o ângulo de rotação externa no plano axial do teste TCPN. Imagem B de TC mostrando o ângulo de rotação externa no plano axial do teste TCME-

JE. Linha vertical imaginária (linha vermelha). Linha formada entre a cabeça do terceiro metatarso e tuberosidade posterior do calcâneo (linha azul). O ângulo formado entre as linhas azul e vermelha corresponde ao ângulo de rotação externa do tornozelo..... 56

Figura 15 - Imagem A de TC no plano sagital do teste TCPN. Imagem B de TC no plano sagital do teste TCME-JE. Linha do eixo da tíbia (linha azul). Linha do eixo do tálus (linha vermelha). O ângulo formado entre as linhas azul e vermelha corresponde ao ângulo de extensão do tornozelo..... 57

Figura 16 - Desenho esquemático da disposição geométrica da tíbia, fêmur e mesa de exame. Ângulos tíbia-mesa (α), fêmur-mesa (α), fêmur-tíbia (β) e flexão do joelho (θ)..... 58

Figura 17 - Imagem de TC no plano sagital do teste TCME-JF. Eixo longo da tíbia (linha vermelha). Linha de referência paralela ao eixo da cama de exame do aparelho (linha azul). O ângulo tíbia-mesa corresponde ao ângulo formado entre as linhas azul e vermelha..... 59

Figura 18 - Figuras A, B, C e D no plano axial localizadas cerca de 1,0 cm acima da interlinha articular tibiotalar. A letra ***a*** corresponde à menor distância entre o ápice do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A letra ***b*** corresponde à menor distância entre o ápice do tubérculo posterior da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A letra ***c*** corresponde à menor distância entre a porção central da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A letra ***d*** corresponde à parte da fíbula localizada anteriormente à linha que representa a bissetriz da incisura fibular da tíbia. A letra ***e*** corresponde à parte da fíbula localizada posteriormente à linha que representa a bissetriz da incisura fibular da tíbia. A letra ***f*** corresponde à menor distância entre a borda anterior da fíbula e a linha de referência que representa o ápice do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia. ***A1***

corresponde à medida angular do eixo de rotação da fíbula em relação à incisura fibular da tíbia. A fig. E mostra a referência de localização para realização da medida angular ***A2.*** A fig. F mostra a medida angular ***A2*** do eixo de rotação da fíbula em relação ao maléolo medial..... 61

Figura 19 - Estrutura básica do fluxo de participantes durante o estudo, juntamente com o número de participantes em cada fase.... 72

Figura 20 - Imagem A mostra inchaço (seta amarela) na região do maléolo lateral e equimose (seta vermelha) na face inferolateral do tornozelo direito. Imagem B mostra equimose (seta vermelha) na face inferolateral do tornozelo direito do mesmo participante..... 73

Figura 21 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado direito com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-negativo para o teste TCPN com diferença igual a zero. Imagens B e C mostram resultados verdadeiro-positivos para os testes TCME-JE e TCME-JF com diferenças maiores que 1,0 mm..... 94

Figura 22 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado esquerdo com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-positivo para o teste TCPN com diferença maior que 0,7 mm. Imagens B e C mostram resultados verdadeiro-negativos para os testes TCME-JE e TCME-JF com diferenças menores que 1,0 mm..... 95

Figura 23- Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado direito com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-negativo para o teste TCPN com diferença menor que

0,7 mm. Imagem B mostra um resultado falso-negativo para o teste TCME-JE com diferença igual a zero. Imagem C mostra um resultado verdadeiro-positivo para o teste TCME-JF com diferença maior que 1,0 mm..... 96

Figura 24 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado esquerdo com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado verdadeiro-negativo para o teste TCPN com diferença menor que 0,7 mm. Imagem B e C mostram resultados falso-positivos para os testes TCME-JE e TCME-JF com diferenças superiores a 1,0 mm..... 97

Figura 25 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado direito com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-negativo para o teste TCPN com diferença igual a zero. Imagem B mostra um resultado verdadeiro-positivo para o teste TCME-JE com diferença superior a 1 mm. Imagem C mostra um resultado falso-negativo para o teste TCME-JF com diferença menor que 1,0 mm..... 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características clínico-demográficas..... 73
Tabela 2 - Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão da sindesmose..... 75
Tabela 3 - Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão dos ligamentos colaterais laterais..... 77
Tabela 4 - Queixas dos participantes durante as manobras de estresse, artefatos de movimentação, repetição das imagens e tempo de duração do exame..... 79
Tabela 5 - Valores dos parâmetros rotacionais, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia nos tornozelos com lesão da sindesmose, lesão dos ligamentos colaterais e contralateral saudável no teste TCPN..... 80
Tabela 6 - Valores dos parâmetros rotacionais, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia nos tornozelos com lesão da sindesmose, lesão dos ligamentos colaterais e contralateral saudável no teste TCME-JE..... 83
Tabela 7 - Valores dos parâmetros rotacionais, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia nos tornozelos com lesão da sindesmose, lesão dos ligamentos colaterais e contralateral saudável no teste TCME-JF..... 86
Tabela 8 - Comparação de áreas sob as curvas ROCs – *a_dif*..... 91
Tabela 9 - Diferença de áreas entre pares de curvas ROCs – *a_dif*..... 92
Tabela 10 - Ponto de corte ideal *a_dif*..... 93
Tabela 11 - Comparação de áreas sob as curvas ROCs – *c_dif*..... 100
Tabela 12 - Diferença de áreas entre pares de curvas ROCs – *c_dif*..... 101
Tabela 13 - Ponto de corte ideal *c_dif*..... 102
Tabela 14 - Comparação de áreas sob as curvas ROCs – *f_dif*..... 104
Tabela 15 - Diferença de áreas entre pares de curvas ROCs – *f_dif*..... 105

Tabela 16 - Ponto de corte ideal *f_dif*..... 106
Tabela 17 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos queixas para o teste TCME-JE..... 110
Tabela 18 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs dos subgrupos queixas para o teste TCME-JE..... 111
Tabela 19 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos queixas para o teste TCME-JF 113
Tabela 20 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs nos subgrupos queixas para o teste TCME-JF..... 114
Tabela 21 - Ângulos de rotação externa do tornozelo, extensão do tornozelo e semiflexão do joelho para o tornozelo com entorse..... 116
Tabela 22 - Ângulos de rotação externa do tornozelo, extensão do tornozelo e semiflexão do joelho para o tornozelo contralateral saudável..... 117
Tabela 23 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JE..... 120
Tabela 24 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JE..... 120
Tabela 25 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JF..... 122
Tabela 26 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JF..... 123
Tabela 27 - Comparação de curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JE..... 125
Tabela 28 - Comparação entre pares de curvas ROCs dos subgrupos extensão dos tornozelos para o teste TCME-JE..... 125
Tabela 29 - Comparação de curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JF..... 127
Tabela 30 - Comparação entre pares de curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JF..... 127

Tabela 31 - Comparação de curvas ROC dos subgrupos semiflexão do joelho para o teste TCME-JF..... 129
Tabela 32 - Comparação entre pares de curvas ROC dos subgrupos semiflexão do joelho no teste TCME-JF..... 129
Tabela 33 - Concordância interobservador dos testes de TC..... 130
Tabela 34 - Concordância intraobservador dos testes de TC..... 132
Tabela 35 - Concordância interobservador do exame de RM..... 133

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curvas ROCs para o parâmetro rotacional ***a_dif*** nos testes de TC..... 90

Gráfico 2 - Curvas ROCs para o parâmetro translação lateral *c_dif* nos testes de TC..... 99

Gráfico 3 - Curvas ROCs para o parâmetro translação anteroposterior *f_dif* nos testes de TC..... 103

Gráfico 4 - Curvas ROCs dos subgrupos queixas no teste TCME-JE..... 109

Gráfico 5 - Curvas ROCs dos subgrupos queixas no teste TCME-JF..... 112

Gráfico 6 - Curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo no teste TCME-JE..... 119

Gráfico 7 - Curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo no teste TCME-JF..... 121

Gráfico 8 - Curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JE..... 124

Gráfico 9 - Curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo no teste TCME-JF..... 126

Gráfico 10 - Curvas ROCs dos subgrupos semiflexão do joelho no teste TCME-JF..... 128

RESUMO

Rodrigues JC. *Tomografia computadorizada comparativa com manobras de estresse para diagnóstico de instabilidade da sindesmose tibiofibular distal na fase aguda pós-entorse de tornozelo: um estudo de acurácia diagnóstica* [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina; 2020.

INTRODUÇÃO: A lesão ligamentar da sindesmose tibiofibular distal é a principal causa de incapacidade e dor crônica persistente após entorse de tornozelo e frequentemente exige períodos de recuperação mais longos e tratamentos mais complexos do que a lesão dos ligamentos colaterais laterais. Embora várias opções de exames de imagem estejam disponíveis para detectar lesão ligamentar, o diagnóstico da instabilidade da sindesmose ainda é um desafio. O objetivo deste estudo foi determinar a acurácia diagnóstica da tomografia computadorizada com manobras de estresse e comparar com a tomografia em posição neutra para identificação da instabilidade da sindesmose na fase aguda pós-entorse de tornozelo. **MÉTODOS**: O Departamento de Radiologia, em parceria com o Departamento de Ortopedia, conduziu este estudo prospectivo de acurácia diagnóstica. Foram incluídos, consecutivamente, adultos maiores de 18 anos, de ambos os sexos, que sofreram entorse de tornozelo e apresentaram exame ortopédico positivo para lesão ligamentar aguda da sindesmose, atendidos no Ambulatório de Tornozelo e Pé. Os participantes realizaram tomografia comparativa dos tornozelos em três fases. Primeiro: os tornozelos estavam em posição neutra. Segundo: os joelhos estavam em extensão e os tornozelos em rotação externa e extensão. Terceiro: os joelhos estavam em semiflexão e os tornozelos em rotação externa e extensão. As medidas de rotação, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia diagnosticaram a instabilidade da sindesmose nas três fases do exame. A ressonância magnética foi usada como padrão de referência para avaliar a acurácia diagnóstica da tomografia. A área sob a curva ROC comparou a acurácia diagnóstica das três fases da tomografia. O ponto de corte ideal foi calculado com base no índice J de Youden, considerando o custo três vezes maior de um resultado falso-negativo do que um falso-positivo e uma prevalência de lesão da sindesmose estimada em 10%. **RESULTADOS:** Sessenta e oito participantes foram analisados, sendo 37 homens e 31 mulheres com idade entre 18 e 69 anos e média de 36,5 anos. A melhor acurácia diagnóstica ocorreu com a medida rotacional, cujas manobras de estresse apresentaram área sob a curva ROC maiores do que a posição neutra, atingindo 0,97 para os joelhos em extensão, 0,99 para os joelhos em semiflexão e 0,62 para a posição neutra. O ponto de corte para as manobras de estresse obteve valor ideal de 1,0 mm na medida rotacional, atingindo 83% de sensibilidade e 96% de especificidade para os joelhos em extensão e 85% e 100% para os joelhos em semiflexão, respectivamente. O ponto de corte para a posição neutra obteve valor ideal de 0,7 mm, atingindo sensibilidade de 25% e especificidade de 96%. **CONCLUSÕES**: Os resultados deste estudo confirmaram que a tomografia com manobras de estresse teve acurácia significativamente superior à tomografia em

posição neutra, para diagnóstico da instabilidade da sindesmose na fase aguda pós-entorse do tornozelo.

Descritores:

DESCRITORES: Entorse do tornozelo; Articulação do tornozelo; Instabilidade articular; Tomografia computadorizada; Acurácia diagnóstica; Estudo comparativo.

.

ABSTRACT

Rodrigues JC. *Comparative computed tomography with stress maneuvers for diagnosing instability of distal tibiofibular syndesmosis in the acute phase after an ankle sprain: a study of diagnostic accuracy* [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo", 2020.

INTRODUCTION: Distal tibiofibular syndesmotic ligament injury is the leading cause of disability and persistent chronic pain after an ankle sprain and often requires more extended recovery periods and more complex treatments than injury to the lateral collateral ligaments. Although several imaging exam options are available to detect ligament injury, the diagnosis of syndesmotic instability is still a challenge. This study aims to compare the diagnostic accuracy of the computed tomography with stress maneuvers and tomography in a neutral position to identify syndesmotic instability in the acute ankle sprain. **METHODS:** In partnership with the Department of Orthopedics, the Department of Radiology conducted this prospective accuracy study. Adults over 18 years of age and of both genders, who had suffered an ankle sprain with a positive orthopedic test for acute syndesmosis ligament injury, visiting the Ankle and Foot Outpatient Clinic, were consecutively included. Participants performed three computed tomography phases. First: the ankles were in a neutral position. Second: the knees were in extension, and the ankles were in external rotation and extension. Third: the knees were in semiflexion and the ankles in external rotation and extension. The fibula's rotation, lateral translation, and anteroposterior translation to the tibia diagnosed syndesmosis instability in the three tomography phases. Magnetic resonance imaging was used as a reference standard to assess the diagnostic accuracy of the tomography. The area under the ROC curve compared the diagnostic accuracy of the three index tests. The ideal cutoff point was calculated based on the Youden J index, considering the cost of a false-negative result three times higher than a false-positive one and an estimated prevalence of syndesmotic injury of 10%. **RESULTS:** Sixty-eight participants were analyzed, consisting of 37 men and 31 women aged 18 to 69 years and mean age of 36.5 years. The best diagnostic accuracy occurred with the rotational measurement, whose stress maneuvers presented the area under the ROC curve as more significant than the neutral position, reaching 0.97 for the knees in extension, 0.99 for the knees in semiflexion, and 0.62 for the neutral position. The cutoff point for the stress maneuvers obtained an ideal value of 1.0 mm in the rotational measure, reaching 83% sensitivity and 96% specificity for the knees in extension and 85% and 100% for the knees in semiflexion, respectively. The cutoff point for the neutral position obtained an ideal value of 0.7 mm, achieving a sensitivity of 25% and a specificity of 96%. **CONCLUSIONS:** The study results confirm that tomography with stress maneuvers is significantly more accurate than tomography in the neutral position for diagnosing syndesmotic instability in the acute ankle sprain.

KEYWORDS: Ankle sprain; Ankle joint; Joint instability; Computed tomography; Diagnostic accuracy; Comparative study.

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Os entorses laterais do tornozelo podem ser divididos em entorses altos, que acometem os ligamentos da sindesmose tibiofibular, e entorses baixos envolvendo os ligamentos colaterais laterais[1]. Essa diferenciação é importante porque o entorse alto é a principal causa de incapacidade persistente ou dor crônica e frequentemente requer tempo de recuperação mais longo e tratamentos mais complexos em comparação aos entorses baixos[2,3].

O grau de instabilidade ligamentar da sindesmose orienta a decisão entre o tratamento cirúrgico e o não cirúrgico[4]. Testes clínicos, radiografias convencionais ou com manobras de estresse, tomografia computadorizada convencional (TC), tomografia computadorizada com carga axial em posição ortostática e ressonância magnética (RM) são as ferramentas diagnósticas mais utilizadas para determinar o tratamento correto[5–7]. O diagnóstico clínico possui evidência limitada, e a melhor prática atual considera que poucos testes clínicos têm validade[8]. Uma revisão sistemática recente reforça que o exame clínico é limitado, e que exames de imagem adicionais devem ser considerados antes de ser feito um diagnóstico final[7]. As imagens radiográficas nas incidências mortise e anteroposterior podem diagnosticar facilmente a instabilidade franca da sindesmose, identificando o aumento do espaço articular no lado lesionado em relação ao tornozelo contralateral saudável do mesmo indivíduo[8]. Entretanto, a instabilidade sutil da sindesmose pode ser subdiagnosticada quando as radiografias convencionais mostram uma relação articular normal[9]. Em relação às radiografias com manobras de estresse, estudos em cadáveres mostram que não são confiáveis[10,11]. Sabe-se que a tomografia convencional tem maior sensibilidade que a radiografia[12]; no entanto, a acurácia diagnóstica em geral é pobre, alcançando uma área sob a curva ROC de 0,56[13]. Recentemente, a tomografia com carga axial em posição ortostática emerge como uma nova modalidade diagnóstica e o seu papel na instabilidade da sindesmose ainda não é totalmente compreendido. Estudos em cadáveres mostram que a carga axial isolada não causa deslocamento entre a fíbula e a tíbia[14], mesmo quando dois

ligamentos estão rompidos[15], e a rotação externa é essencial para mostrar instabilidade da sindesmose[16–18]. No entanto, os poucos estudos clínicos comparando a acurácia diagnóstica da TC com carga axial em posição ortostática e a TC convencional em decúbito dorsal apresentam resultados divergentes[19,20]. Por exemplo, um estudo demonstra que a TC convencional tem maior acurácia diagnóstica em discriminar a instabilidade da sindesmose do que a TC com carga axial[19], enquanto outro estudo relata que a TC com carga axial mostra diástase significativamente maior em sindesmoses instáveis do que a TC convencional[20]. A heterogeneidade metodológica entre os estudos clínicos pode explicar os diferentes resultados. Embora a RM possa diagnosticar lesões ligamentares da sindesmose com alta acurácia[21], este método é um exame caro, não é amplamente disponível, e o diagnóstico de lesão ligamentar não garante que haja instabilidade da sindesmose[22].

Em resumo, uma revisão sistemática recente com meta-análise condensa a evidência sobre acurácia dos diferentes exames de imagem para o diagnóstico da lesão da sindesmose e conclui que a sensibilidade e a especificidade combinadas são de 53% e 98% para radiografias convencionais, 67% e 87% para TC convencional e 93% e 86% para RM, respectivamente[23]. Apesar de todos os exames de imagem disponíveis, o diagnóstico correto da instabilidade da sindesmose ainda é um desafio. A TC comparativa dos tornozelos com manobras de estresse (TCME) é uma abordagem alternativa que poderia melhorar o diagnóstico. Até onde sabemos, a aplicação da TCME não foi testada anteriormente.

Nossa hipótese foi que a TCME tem maior acurácia do que a TC em posição neutra (TCPN) para diagnóstico da instabilidade da sindesmose.

2. OBJETIVO

2 OBJETIVO

Determinar a acurácia diagnóstica da TCME, aplicando manobras de estresse com rotação externa e extensão do tornozelo, e comparar com a TCPN para a identificação de instabilidade da sindesmose na fase aguda pós-entorse de tornozelo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Aspectos epidemiológicos

Fallat et al.[24], em 1998, realizam um estudo prospectivo avaliando de forma padronizada o exame clínico inicial de participantes com entorse de tornozelo atendidos em pronto-socorro. Durante 33 meses consecutivos, analisam 547 participantes com entorse agudo de tornozelo sem fraturas, atendidos no *Oakwood Hospital Downriver Center Emergency Room* or *Occupational Medicine Clinic.* Encontram que a lesão do ligamento talofibular anterior ocorre em 82% dos participantes, do ligamento fíbulocalcâneo em 66% e do ligamento talofibular posterior em 34%. Observam lesão da sindesmose em 5% dos participantes. Comentam que a lesão dos ligamentos colaterais laterais é bem mais frequente que a lesão ligamentar da sindesmose.

Flik et al.[25], em 2005, coletam dados de oito equipes de hóquei no gelo disputando a conferência atlética da Divisão I, durante uma temporada, usando um formulário específico, e encontram uma incidência de 0,93 lesão da sindesmose por 1000 atletas expostos. Atleta exposto é definido como um atleta participando em uma atividade ou competição na qual havia possibilidade de lesão.

Hunt et al.[26], em 2013, comentam que entorse de tornozelo é uma das lesões mais comuns em atletas. Nos jogadores de futebol da *National Collegiate Athletic Association*, as lesões ligamentares do tornozelo perdem apenas para as lesões do joelho. Estima-se que 15% de todas as lesões ocorrem no tornozelo. No entanto, a maioria dos estudos não faz distinção entre entorse baixo e alto, e a incidência de lesão da sindesmose nessa população é desconhecida. Avaliam uma coorte composta por jogadores de futebol americano e encontram uma incidência de lesão da sindesmose durante os jogos de 1,6 por 1000 atletas expostos. Concluem que há um aumento

significativo na incidência de lesão da sindesmose em jogadores de futebol. Esse aumento pode ser resultado da conscientização e da melhora nos parâmetros de diagnóstico.

Sman et al.[27], em 2014, identificam fatores preditivos de lesão da sindesmose em jogadores de rúgbi. Avaliam prospectivamente 202 jogadores australianos da *Rugby Union* (nível amador) e da *Rugby League* (nível profissional) e encontram uma incidência de 0,89 e 0,46 por 1000 horas de exposição, respectivamente. Concluem que as variáveis como idade, tamanho corporal, postura do pé, flexibilidade e força muscular não aumentam o risco de lesão da sindesmose, porém observam que a altura do salto e o desempenho do equilíbrio podem contribuir como fatores preditivos.

Vosseller et al.[28]**,** em 2014, medem a incidência de lesão da sindesmose em oito estados americanos e encontram um total de 1821 casos registrados no banco de dados do *Healthcare Cost and Utilization Project*. Considerando a população desses estados, calculam uma incidência de 2,1 lesões para cada 100.000 habitantes por ano. Estimam uma incidência de 6.445 lesões da sindesmose por ano nos Estados Unidos.

Debieux et al.[29], em 2019, avaliam por RM 180 participantes com entorse de tornozelo agudo, atendidos no pronto-socorro do Hospital Israelita Albert Einstein. Observam que 92% dos tornozelos apresentam algum tipo de lesão ligamentar, tendínea, osteocondral ou fratura. Encontram uma prevalência de lesão ligamentar da sindesmose em 8% dos participantes.

Lubberts et al.[30], em 2019, avaliam 3677 jogadores em 17 países da Europa, correspondendo a 61 clubes da elite do futebol profissional, no período entre 2001 e 2016, durante 15 temporadas seguidas, e encontram uma incidência de 0,32 por 1000 atletas expostos. Durante as 15 temporadas, observam um aumento anual na incidência de lesões da sindesmose em geral (0,003 lesões por 1.000 horas), bem como durante os jogos (0,013 lesões por 1.000 horas).

3.2 Anatomia

3.2.1 Óssea

3.2.1.1 Tíbia e fíbula

Kelikian e Kelikian[31], em 1985, descrevem que, no ápice da sindesmose, a crista lateral da tíbia bifurca-se caudalmente em uma margem anterior e posterior (figura 1A). A margem anterior termina no aspecto anterolateral da tíbia, definindo o tubérculo anterior (Chaput). A margem posterior termina no aspecto posterolateral da tíbia, definindo o tubérculo posterior. As margens anterior e posterior da tíbia distal formam um triângulo côncavo, com seu ápice localizado de 6 a 8 cm acima do plano da articulação tibiotalar. A base do triângulo é formada pelos tubérculos anterior e posterior da tíbia, com a incisura fibular da tíbia interposta entre os tubérculos. O tubérculo anterior é mais proeminente que o tubérculo posterior e se projeta lateralmente sobrepondo-se à porção supramaleolar da diáfise da fíbula (figura 1B).

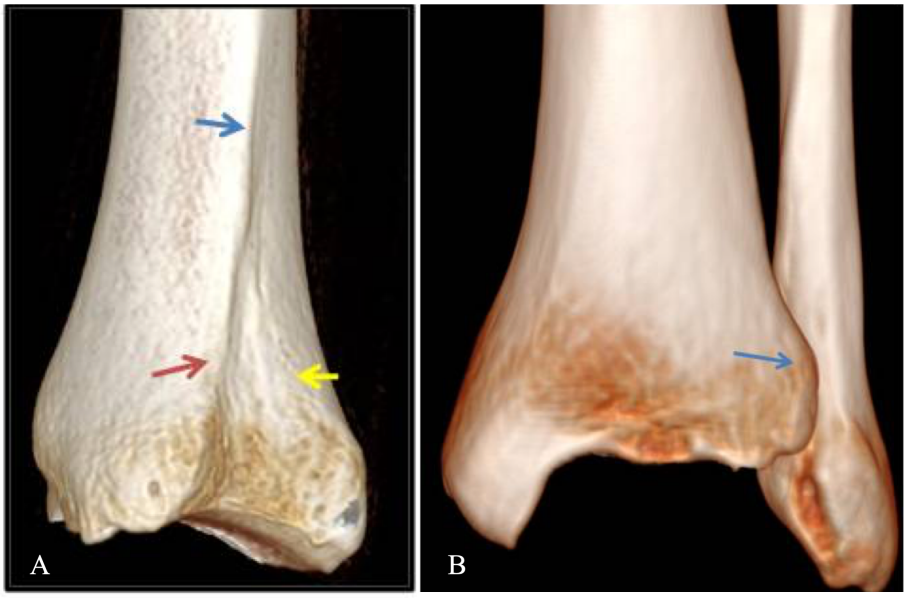


Figura 1 - TC com reconstrução 3D da tíbia. A imagem A mostra a crista lateral da tíbia (seta azul) bifurcando-se em margem anterior (seta vermelha) e margem posterior (seta amarela). A imagem B mostra o tubérculo anterior sobrepondo-se à diáfise supramaleolar da fíbula (seta azul).

A Sociedade Brasileira de Anatomia[32], em 2001, em concordância com a Terminologia Anatômica, define o nome oficial de incisura fibular da tíbia. Diversos outros nomes, como incisura fibular, sulco peroneal da tíbia e incisura sindesmótica, são frequentemente encontrados na literatura, porém não são reconhecidos pela Sociedade Brasileira de Anatomia.

Yildirim et al.[33], em 2003, determinam as características anatômicas da incisura fibular da tíbia na RM. Examinam 150 tornozelos de 75 voluntários (43 homens e 32 mulheres). Descrevem que o comprimento da faceta anterior é de 10 mm nos homens e 8,9 mm nas mulheres, e o comprimento da faceta posterior é de 10,4 mm no sexo masculino e 8,9 mm no sexo feminino. O ângulo entre as facetas anterior e posterior é de 138,6° nos homens e 139,9° nas mulheres. A profundidade da incisura fibular da tíbia é de 3,6 mm nos homens e 2,9 mm nas mulheres. A distância vertical da sobreposição tibiofibular é de 7,9 mm no sexo masculino e 7,0 mm no sexo feminino. A distância entre a margem anterior da

tíbia e a margem anterior da fíbula é de 14,3 mm nos homens e 12,5 mm nas mulheres. Todos esses parâmetros nos homens, exceto o ângulo entre as facetas anterior e posterior, são significativamente maiores que nas mulheres. Concluem que a RM é valiosa porque é um método não invasivo e permite verificar diferenças anatômicas significativas de acordo com o gênero. Sugerem que as lesões da sindesmose são mais frequentes em mulheres do que em homens por causa dessas diferenças anatômicas. O conhecimento dos valores normais da incisura fibular da tíbia pode auxiliar na avaliação da redução de uma sindesmose deslocada.

Sora et al.[34], em 2004, relatam que reconhecer o aumento sutil do espaço articular da sindesmose tibiofibular nas lesões leves e moderadas é desafiador e que o conhecimento anatômico adequado pode ser útil. Investigam 20 tornozelos de cadáver usando a técnica de plastinação E12. Medem vários parâmetros e encontram que a altura da incisura fibular é de 23 mm e a profundidade de 5 mm. Concluem que os resultados apresentados são úteis para a apreciação da posição correta da fíbula na incisura fibular da tíbia e podem ser correlacionados com radiografias anteroposteriores e exames de TC.

Hermans et al.[35], em 2010, lembram que há um hiato no conhecimento anatômico e fornecem uma descrição detalhada das estruturas osteoligamentares da sindesmose tibiofibular. Descrevem que a parte fibular da sindesmose é congruente com a sua contraparte tibial. A crista interóssea no aspecto medial da fíbula também se bifurca em margens anterior e posterior e forma um triângulo convexo localizado acima da faceta articular do maléolo lateral (figura 2). O tubérculo anterior (Wagstaffe – Le Fort) e o quase insignificante tubérculo posterior formam a base do triângulo fibular. O ápice do triângulo fibular e o ápice do triângulo tibial estão situados no mesmo plano. A morfologia convexa da fíbula distal encaixa-se na incisura fibular da tíbia côncava. Concluem que a articulação tibiofibular é uma sindesmose complexa e o entendimento da anatomia é essencial tanto no diagnóstico por imagem quanto no tratamento terapêutico.

Figura 2 - Imagem de TC com reconstrução 3D da face medial da fíbula. Crista interóssea (seta azul), margem anterior (seta vermelha) e margem posterior (seta amarela)

Liu et al.[36], em 2018, relatam que é difícil atingir o alinhamento anatômico da sindesmose em decorrência de variações anatômicas da incisura fibular da tíbia e que há escassez de estudos na literatura avaliando as características morfológicas desta estrutura. Avaliam 202 tornozelos por TC com medidas quantitativas e qualitativas da morfologia da incisura fibular da tíbia. Encontram que a profundidade média da incisura fibular é de 3 mm. Descrevem cinco tipos morfológicos para a incisura fibular da tíbia com suas respectivas prevalências (figura 3). A morfologia mais comum é a crescente, correspondendo a 61,3% dos participantes, seguida pela forma trapezoidal com 25,1%, chevron com 6,8% e bico de viúva com 3,7%. A morfologia menos típica é a plana, correspondendo a 3,1%.

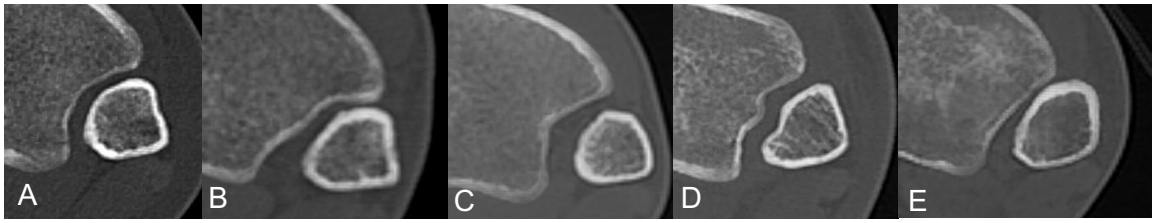


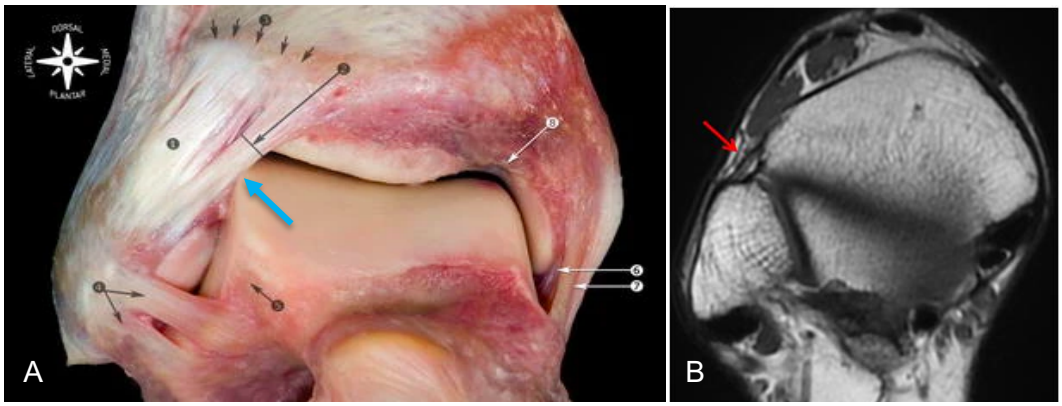
Figura 3 - Imagens de TC no plano axial mostrando os cinco tipos morfológicos da incisura fibular da tíbia. A) Morfologia em crescente. B) Morfologia trapezoidal. C) Morfologia em Chevron. D) Morfologia em bico de viúva. E) Morfologia plana

3.2.2 Ligamentos

3.2.2.1 Ligamento tibiofibular anteroinferior

Bartonícek[37], em 2003, descreve em detalhes as origens, inserções e dimensões dos três feixes principais do ligamento tibiofibular anteroinferior, o qual possui padrão multifasciculado com tecido adiposo interposto entre os múltiplos feixes de colágeno (figura 4). Todos os três feixes correm num trajeto oblíquo de cranial para caudal e de medial para lateral, formando um ângulo aproximado de 30° em relação a uma linha horizontal de referência. Espaços com cerca de 2 mm de largura separam os três feixes. Uma cortical muito fina da tíbia e da fíbula recebe uma ancoragem firme das respectivas inserções ligamentares. O feixe superior é o mais curto, medindo, em média, 6 mm de comprimento no centro, 4 mm de largura e 3 mm de espessura. O feixe superior se origina bem acima do tubérculo anterior da tíbia e se insere bem acima do tubérculo anterior da fíbula. Existem variações anatômicas, e, por vezes, apresenta-se dividido em dois fascículos mais fortes. O feixe central é o mais forte, com origem e inserção nos respectivos tubérculos anteriores da tíbia e fíbula. O comprimento aproximado do feixe central é de 12 mm, a largura de 10

mm e a espessura de 4 mm. O feixe central pode ainda se apresentar dividido em três ou quatro fascículos menores. O feixe inferior é o mais fino e tem origem e inserção abaixo dos respectivos tubérculos da tíbia e fíbula. Apresenta um comprimento de 17 mm, uma largura de 4 mm e uma espessura de 2 mm.



A fonte da figura A é Golanó et al. (2016)[38], distribuída sob os termos da *Creative Commons Attribution Non-Commercial License*, que permite qualquer uso não comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o(s) autor(es) e a fonte originais sejam creditados.

Figura 4 - Ligamento tibiofibular anteroinferior. Dissecção anatômica da região lateral do tornozelo (A) mostra o aspecto multifasciculado do ligamento tibiofibular anteroinferior (seta azul). Imagem de RM no plano coronal oblíquo DP (B) mostra o trajeto oblíquo e o aspecto multifasciculado do ligamento tibiofibular anteroinferior com tecido gorduroso entremeando os fascículos (seta vermelha)

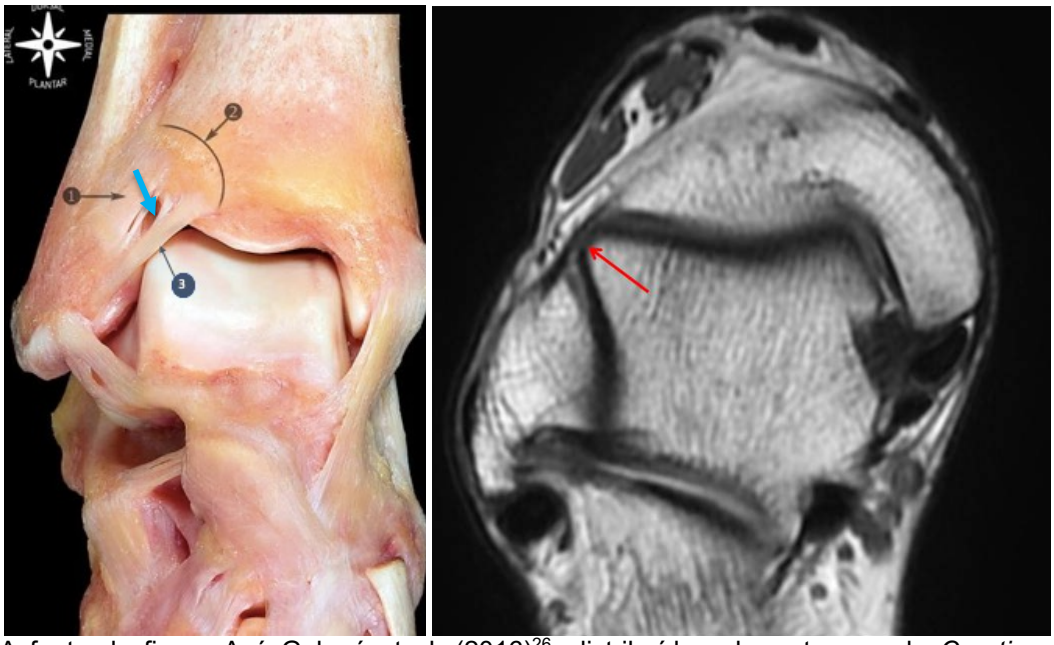
Kikuchi et al.[39], em 2020, esclarecem a morfologia e a localização dos sítios de inserção do ligamento tibiofibular anteroinferior e suas relações posicionais com as estruturas ósseas. Avaliam 29 tornozelos de cadáveres humanos com imagens de TC 3D. Encontram que o ligamento tibiofibular anteroinferior tem formato trapezoidal. No lado tibial, o ponto central de inserção ligamentar é inferior e lateral à crista capsular e distal ao tubérculo de Chaput. Na fíbula, o centro de inserção ligamentar está localizado na borda anterior e distal. A distância média entre os pontos centrais dos locais de inserção tibial e fibular é de 10 mm. Concluem que as relações posicionais entre os marcos ósseos da tíbia e fíbula e os pontos de inserção central do ligamento tibiofibular anteroinferior são consistentes e que estes achados podem

colaborar para o desenvolvimento de novas técnicas cirúrgicas de reconstrução ligamentar da sindesmose.

3.2.2.2 Ligamento tibiofibular anteroinferior acessório

Bassett et al.[40], em 1990, demonstram um quarto feixe acessório localizado distal e paralelo ao feixe inferior do ligamento tibiofibular anteroinferior. A origem tibial do ligamento de Bassett se mistura com as fibras do feixe inferior do ligamento tibiofibular anteroinferior. A inserção fibular do ligamento de Bassett é distal e medial em relação ao ligamento tibiofibular anteroinferior.

Nikolopoulos et al.[41], em 2004, mostram que o ligamento de Bassett tem em média 19,5 mm de comprimento, 1,5 mm de espessura e 4,0 mm de largura. O ligamento de Bassett é intra-articular, descoberto de tecido sinovial, cruza o recesso anterolateral do tornozelo e entra em contato com o domo talar anterolateral durante a dorsiflexão (figura 5).



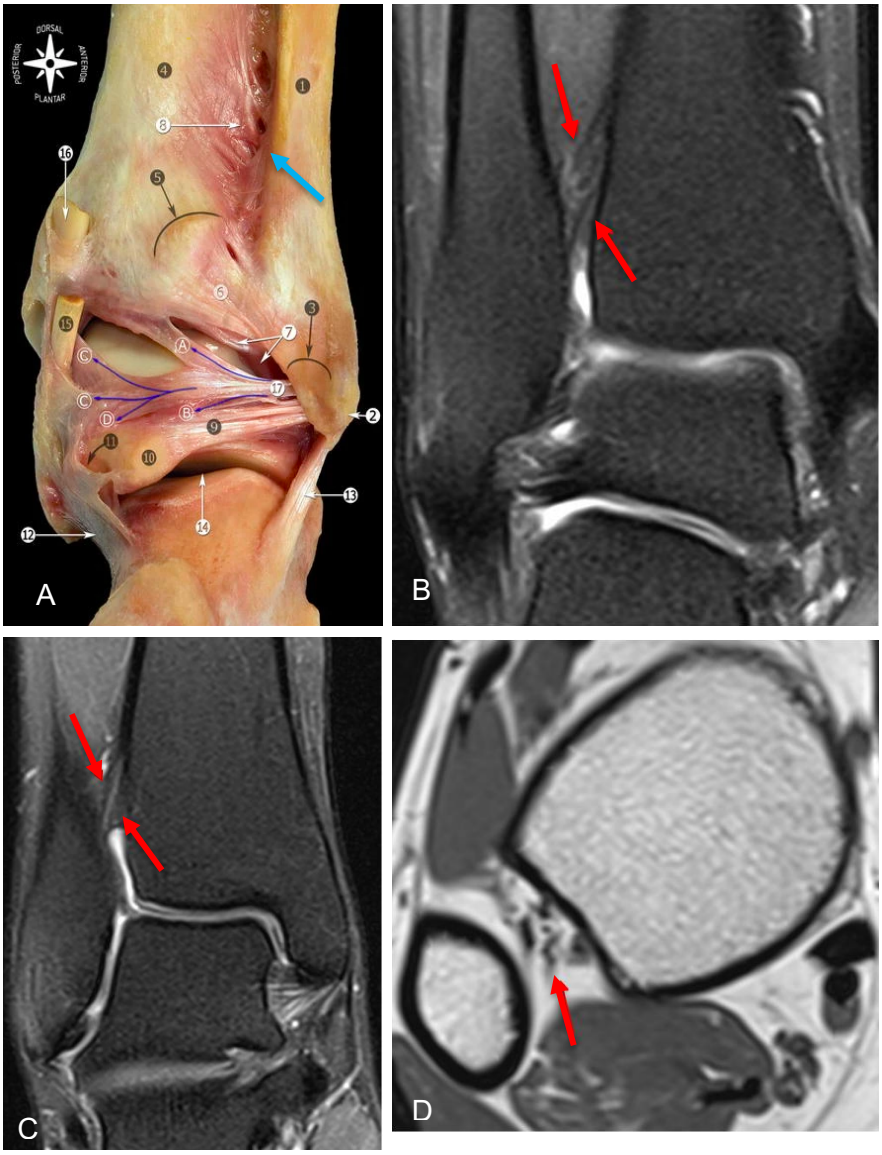
A fonte da figura A é Golanó et al. (2016)[26], distribuída sob os termos da *Creative Commons Attribution Non-Commercial License*, que permite qualquer uso não comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o(s) autor(es) e a fonte originais sejam creditados.

Figura 5 - Ligamento tibiofibular anteroinferior acessório. Dissecção anatômica da região lateral do tornozelo (A) mostra o fascículo distal do ligamento tibiofibular anteroinferior (seta azul). Imagem de RM no plano coronal oblíquo DP (B) mostra o contato do fascículo distal (ligamento de Bassett) com o domo talar anterolateral (seta)

3.2.2.3 Ligamento interósseo

Bartonícek[37], em 2003, descreve que a extremidade caudal da membrana interóssea dá origem ao espesso ligamento interósseo, o qual tem formato piramidal e aspecto multifasciculado. Cerca de 4 a 5 cm acima da interlinha articular do tornozelo, o ligamento interósseo se espalha em uma rede de fascículos que quase preenche o espaço entre os dois ossos. Tecido adiposo preenche o espaço entre os fascículos ligamentares. As fibras ligamentares dessa rede correm da tíbia lateralmente à fíbula; apenas alguns fascículos no aspecto dorsal desse ligamento correm na direção reversa ou transversalmente. As fibras mais distais têm origem na tíbia no plano do tubérculo anterior e descem diretamente para a fíbula, onde se inserem logo acima do nível da

articulação talocrural. As fibras mais proximais têm origem no ápice da incisura fibular da tíbia (figura 6).



A fonte da figura A é Golanó et al. (2016)[38], distribuída sob os termos da *Creative Commons Attribution Non-Commercial License*, que permite qualquer uso não comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o(s) autor(es) e a fonte originais sejam creditados

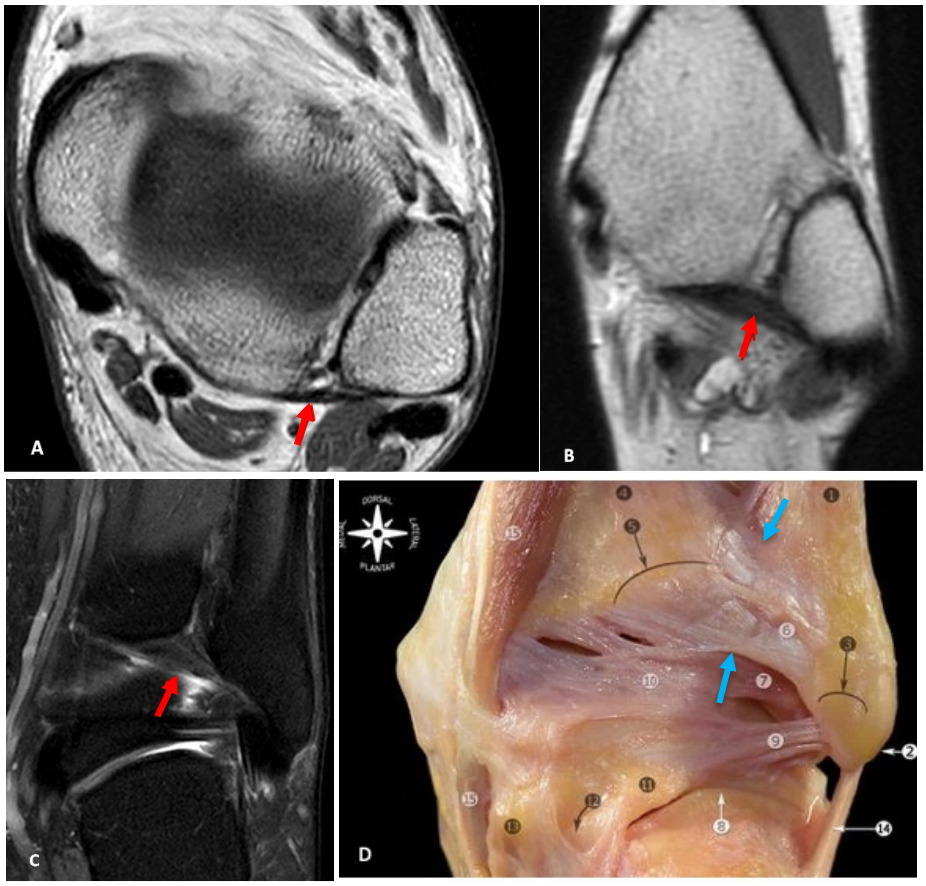
Figura 6 - Ligamento interósseo. Dissecção anatômica da região posterior do tornozelo (A) mostra o aspecto multifasciculado do ligamento interósseo (seta azul). Imagem de RM no plano coronal T2 (B) com saturação de gordura mostra o trajeto oblíquo, a origem tibial e a inserção fibular dos fascículos mais posteriores do ligamento interósseo (setas vermelhas). Imagem de RM no plano coronal T2 (C) com saturação de gordura mostra trajeto oblíquo, a origem tibial e a inserção fibular dos fascículos mais anteriores do ligamento interósseo (setas vermelhas). Imagem de RM no plano

axial T1 (D) mostra o aspecto multifasciculado do ligamento interósseo com gordura entremeando seus fascículos (seta vermelha)

Ebraheim et al.[42], em 2006, descrevem que o comprimento das fibras do ligamento interósseo aumenta gradualmente de proximal para distal, com um comprimento proximal de 6,6 mm e um comprimento distal de 10,4 mm. A espessura do ligamento interósseo é de 4,7 mm, sua largura na inserção fibular é de 21,2 mm e sua largura na origem tibial é de 17,7 mm.

3.2.2.4 Ligamentos tibiofibular posteroinferior e transverso inferior

Bartonícek[37], em 2003, descreve que o ligamento tibiofibular posteroinferior tem uma forma semelhante ao ligamento tibiofibular anteroinferior porém, é totalmente compacto e corre mais horizontalmente (figura 7). Devido a uma transição quase contínua, às vezes é difícil distinguir entre a margem proximal do ligamento tibiofibular posterior e o ligamento interósseo. O comprimento da margem superior do ligamento é de aproximadamente 13 mm, e o da margem inferior é de 24 mm. A largura média do ligamento é de 18 mm; a espessura é de 6 mm. O ligamento tibiofibular posteroinferior como um todo é mais forte em comparação com o ligamento tibiofibular anteroinferior. A parte superior e maior do ligamento se origina no tubérculo posterior da tíbia e se insere no tubérculo posterior da fíbula medial ao sulco do maléolo lateral (figura 7, imagem C). A parte inferior do ligamento se origina na margem posterior da crista da tíbia e corre mais horizontalmente do que a parte superior. Uma forte margem inferior do ligamento, com mais de 6 mm de largura, preenche o ângulo entre a crista posterior da tíbia e o maléolo lateral e entra em contato com a faceta oblíqua na parte posterior da crista externa da tróclea do tálus.



A fonte da figura D é Golanó et al. (2016)[38], distribuída sob os termos da *Creative Commons Attribution Non-Commercial License*, que permite qualquer uso não comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o(s) autor(es) e a fonte originais sejam creditados.

Figura 7 - Ligamento tibiofibular posteroinferior. Imagem de RM no plano axial T1 (A) mostra o ligamento tibiofibular posteroinferior (seta). Imagem no plano coronal DP oblíquo (B) mostra o aspecto compacto e o trajeto mais horizontal do ligamento tibiofibular posteroinferior (seta). Imagem no plano coronal T2 (C) com saturação de gordura mostra a origem mais superior e maior do ligamento tibiofibular posteroinferior no tubérculo posterior da incisura fibular da tíbia em comparação com a inserção mais estreita na fíbula (seta). Dissecção anatômica da região posterior do tornozelo (D) mostra o ligamento tibiofibular posteroinferior (setas azuis)

Bartonícek[37], em 2003, realiza a dissecção anatômica de 30 sindesmoses e conclui que não há razão para que o ligamento transverso inferior seja considerado uma estrutura separada, pois, do ponto de vista morfológico e

funcional, é parte integrante do segmento mais inferior do ligamento tibiofibular posteroinferior.

3.3 Biomecânica

3.3.1 Efeitos da sindesmose tibiofibular sobre a articulação tibiotalar

Ramsey e Hamilton[43], em 1976, usam uma técnica de transferência de carbono em pó para determinar a área de contato em 23 articulações tibiotalares dissecadas, com o tálus em posição neutra e deslocado um, dois, quatro e seis milímetros lateralmente. A redução mais significativa na área de contato da articulação tibiotalar ocorre durante o primeiro milímetro de deslocamento lateral do tálus, sendo a redução média de 42%. Com o deslocamento lateral adicional do tálus, a área de contato reduz progressivamente, mas a taxa de redução para cada incremento no deslocamento é menos acentuada.

Thordarson et al.[44], em 1997, utilizam filme sensível à pressão de baixo grau para medir as pressões de contato na articulação tibiotalar de nove espécimes cadavéricos congelados frescos enquanto um dispositivo permite deslocamentos individuais ou combinados de encurtamento, deslocamento lateral e rotação externa da fíbula. Confirmam que o deslocamento da fíbula, definido como 2 mm ou mais de encurtamento ou de deslocamento lateral e 5 graus ou mais de rotação externa, aumenta a pressão de contato na articulação tibiotalar. Sugerem que os deslocamentos da fíbula na lesão da sindesmose não devem ser aceitos.

Beumer et al.[45], em 2003, estudam dez extremidades inferiores de cadáveres congelados frescos e determinam a força e a rigidez dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e posteroinferior. Sugerem que a maior força dos ligamentos tibiofibulares, em relação aos colaterais laterais e folheto tibiotalar

posterior do deltoide, desempenham um papel essencial na restrição da articulação tibiotalar.

Harris e Fallat[46], em 2004, fazem osteotomia da extremidade distal da fíbula e seccionam o ligamento tibiofibular anteroinferior em 12 membros inferiores de cadáveres congelados frescos e estudam a mudança na área de contato na articulação tibiotalar deslocando a fíbula nas direções lateral e superolateral. Os dados indicam que o deslocamento lateral de apenas 2 mm resulta em uma diminuição de 55% na área de contato da articulação tibiotalar, e o deslocamento lateral para 4 mm resulta em uma diminuição de 77%. Dois milímetros de deslocamento posterossuperior da fíbula produz uma diminuição de 39% na área de contato e, aos 4mm, mostra uma diminuição de 70%. Concluem que, apesar dos folhetos superficial e profundo do ligamento deltoide estarem intactos, o deslocamento lateral e posterossuperior do maléolo lateral afeta significativamente a dinâmica e a área de contato da articulação tibiotalar do tornozelo.

Teramoto et al.[47], em 2008, examinam a instabilidade da articulação tibiotalar causada por lesão distal da sindesmose tibiofibular usando sete membros inferiores de cadáveres congelados frescos . Os pesquisadores cortam sequencialmente os ligamentos tibiofibular anteroinferior, o interósseo e o tibiofibular posteroinferior e aplicam forças de tração anterior, posterior, medial e lateral, além de torque em rotação interna e externa. Um sistema de rastreamento magnético mede a diástase entre a tíbia e a fíbula e o movimento angular entre a tíbia, a fíbula e o tálus. Concluem que as lesões ligamentares da sindesmose causam instabilidade na articulação tibiotalar do tornozelo durante aplicação de força de tração medial e torque em rotação externa na tíbia.

Hunt et al.[48], em 2015, avaliam oito membros inferiores de cadáver no estado intacto e após o corte sequencial dos seguintes ligamentos: tibiofibular anteroinferior, deltoide anterior (1 cm), interósseo, tibiofibular posteroinferior e deltoide inteiro. Uma compressão axial com carga de 700 N e, em seguida, um torque em rotação externa de 20 Nm testam cada condição. Concluem que a

combinação de estresse em rotação externa e carga axial aumenta significativamente as pressões de contato e mudam o centro de pressão na superfície articular tibiotalar. Os autores sugerem que mudanças consideráveis na cinemática e na mecânica de contato da articulação tibiotalar do tornozelo podem explicar por que lesões da sindesmose de gravidade moderada demoram mais para cicatrizar e são mais propensas a desenvolver disfunção a longo prazo e, potencialmente, osteoartrose no tornozelo.

3.3.2 Modo de lesão ligamentar

Colville et al.[49], em 1990, medem a tensão nos ligamentos laterais de dez membros inferiores de cadáveres humanos durante a aplicação de forças em extensão, flexão, inversão, eversão, rotação interna e externa. Demonstram que a extensão do tornozelo aumenta a tensão nos ligamentos tibiofibulares anteroinferior e posteroinferior. A rotação externa aumenta a tensão no ligamento tibiofibular anteroinferior e diminui a tensão no ligamento tibiofibular posteroinferior. Acreditam que o ligamento tibiofibular anteroinferior rompe em extensão, principalmente se combinado com rotação externa, e o ligamento tibiofibular posteroinferior rompe em extensão extrema.

Beumer et al.[45], em 2003, estudam dez membros inferiores de cadáveres congelados frescos e determinam o modo de lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e posteroinferior. Demonstram que o modo dominante de lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior é a ruptura da substância ligamentar, próxima à sua inserção fibular. Por outro lado, os modos de lesão do ligamento tibiofibular posteroinferior são, na mesma proporção, rupturas da substância ligamentar e avulsões fibulares.

3.3.3 Contribuições dos ligamentos para a estabilidade da sindesmose tibiofibular distal

Olgivie-Harris et al.[50], em 1994, investigam a importância relativa da estabilidade dos quatro ligamentos da sindesmose tibiofibular distal. Oito espécimes de cadáveres frescos congelados são testados em um sistema hidráulico durante o corte sequencial dos ligamentos. Inicialmente, os pesquisadores determinam a força necessária para causar uma diástase de 2 mm na sindesmose intacta. Logo após, promovem a secção de cada ligamento e medem a força necessária para produzir uma diástase de 2 mm. Dessa forma, estabelecem o percentual de resistência à diástase de cada ligamento em relação a sindesmose intacta. O ligamento tibiofibular anteroinferior contribui com 35% da resistência, o interósseo com 22%, o tibiofibular posteroinferior superficial com 9% e tibiofibular posteroinferior profundo com 33%.

Xenos et al.[51], em 1995, fazem a secção dos ligamentos tibiofibular anteroinferior, interósseo e tibiofibular posteroinferior da sindesmose de forma incremental e sucessiva em 25 tornozelos congelados frescos. Avaliam o papel da rotação externa realizando medidas diretas da diástase anatômica da sindesmose tibiofibular. Concluem que, durante a aplicação de rotação externa, a diástase aumenta conforme aumenta o grau de lesão ligamentar da sindesmose.

Beumer et al.[52], em 2006, avaliam a cinemática da articulação tibiofibular distal em membros inferiores de cadáveres congelados frescos usando radiostereometria na situação intacta e após corte alternado e sequencial dos ligamentos da sindesmose e deltoide anterior. Concluem que secção do ligamento tibiofibular anteroinferior resulta em instabilidade mecânica da sindesmose e que, de todos os mecanismos de trauma, a rotação externa do tornozelo resulta no maior e mais consistente deslocamento da fíbula em relação à tíbia.

Clanton et al.[53], em 2017, avaliam oito pares de membros inferiores de cadáveres usando uma máquina de teste dinâmico biaxial. Fazem cortes sequenciais dos ligamentos e analisam as contribuições individuais para a estabilidade da sindesmose. Concluem que o grau de instabilidade aumenta a cada ligamento adicional seccionado; no entanto, secções isoladas apenas do ligamento tibiofibular anteroinferior podem levar a instabilidade rotatória externa significativa.

3.4 Exames de imagem

3.4.1 Radiografia

Walker et al.[54], em 2003, avaliam tornozelos de cadáveres doados à Disciplina de Anatomia da Faculdade de Medicina da Universidade de Passo Fundo. Realizam radiografias (incidências anteroposterior, Mortise e perfil) e dissecções anatômicas de 30 tornozelos de 15 cadáveres preservados em formol. Medem quatro distâncias nas peças anatômicas: distância intermaleolar interna a 3 mm da face articular da extremidade distal da tíbia (medida 1), distância intermaleolar interna a 10 mm da face articular da extremidade distal da tíbia (medida 2), distância intermaleolar externa a 10 mm da face articular da extremidade distal da tíbia (medida 3) e espaço livre tibiofibular medido na face articular da extremidade distal da tíbia após a luxação do tálus (medida 4). Repetem as quatro medidas nas radiografias. Adicionam três medidas: espaço livre tibiofibular 10 mm proximal à face articular da extremidade distal da tíbia (medida 5); sobreposição tibiofibular na sua maior extensão (medida 6); espaço articular medial entre a borda lateral do maléolo medial e a borda medial do tálus no plano do domo talar (medida 7). Não realizam as medidas 5, 6 e 7 na peça anatômica porque lesariam as estruturas anatômicas para correta visibilização. Compararam os resultados das medidas 1 a 4 entre as peças anatômicas e

radiografias. Encontram aumento médio de 9% nas medidas radiográficas, por conta do efeito de magnificação intrínseco ao método. Encontram média de 3,2 mm na medida do espaço livre tibiofibular 10 mm proximal à face articular da extremidade distal da tíbia (medida 5), média de 7 mm na medida da sobreposição tibiofibular em sua maior extensão (medida 6), e média de 3 mm na medida do espaço articular medial no plano do domo talar. De acordo com as comparações obtidas, concluem que as medidas 1 a 4 são confiáveis porque há conformidade das medições radiográficas com as das peças anatômicas. Em relação às medidas 5 a 7, encontram resultados em conformidade com a literatura e concluem que são confiáveis e de fácil reprodutibilidade, devendo ser usadas em comparação ao lado contralateral para o diagnóstico acurado das lesões da sindesmose tibiofibular distal.

Oae et al.[21], em 2003, avaliam 58 participantes com entorse de tornozelo e/ou fratura do maléolo lateral. Realizam radiografia anteroposterior e medem o espaço claro tibiofibular e a sobreposição tibiofibular. Utilizam a artroscopia como padrão de referência. Descrevem a radiografia anteroposterior como uma técnica com baixa sensibilidade (43%), alta especificidade (100%) e moderada acurácia (72%). Concluem que é difícil diagnosticar corretamente uma lesão da sindesmose tibiofibular usando apenas radiografia convencional.

Takao et al.[55], em 2003, comparam a acurácia da radiografia convencional (anteroposterior e Mortise) com a artroscopia do tornozelo em 52 participantes, para o diagnóstico de lesão da sindesmose tibiofibular. Encontram que a sensibilidade, especificidade e acurácia é de 44%, 100% e 64% para a radiografia anteroposterior e 58%, 100% e 71% para a radiografia Mortise, respectivamente. Concluem que as radiografias convencionais (anteroposterior e Mortise) nem sempre fornecem um diagnóstico correto. Sugerem que a artroscopia do tornozelo é indispensável para o diagnóstico acurado da lesão da sindesmose tibiofibular.

Schoennagel et al.[56], em 2014, determinam a acurácia das medidas realizadas nas radiografias convencionais para o diagnóstico de lesão da

sindesmose. Avaliam consecutivamente 84 participantes após entorse agudo do tornozelo. Medem o espaço claro tibiofibular, a sobreposição tibiofibular e o espaço claro medial. Utilizam a RM 3T como padrão de referência. Encontram que a sensibilidade e especificidade é de 82% e 75% para o espaço claro tibiofibular, 36% e 78% para a sobreposição tibiofibular e 73% e 59% para o espaço claro medial, respectivamente.

A figura 8 mostra as medidas mais frequentemente realizadas na radiografia.

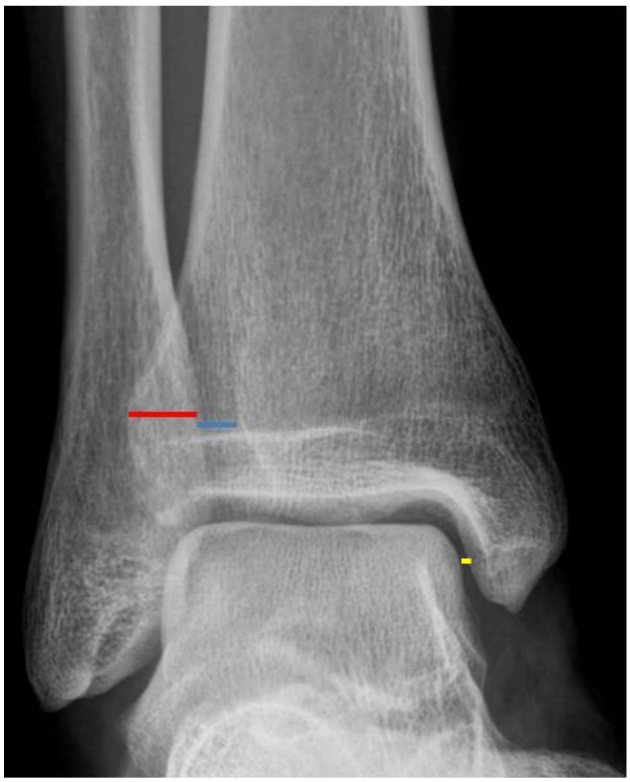


Figura 8 - Imagem de radiografia do tornozelo na incidência de frente. Espaço claro medial (linha amarela), o espaço claro lateral (linha azul) e a sobreposição fibular (linha vermelha)

3.4.2 Tomografia computadorizada

Ebraheim et al.[12], em 1997, utilizam doze membros inferiores de cadáveres para avaliação radiográfica e tomográfica da sindesmose tibiofibular. Colocam espaçadores de plástico com incrementos sucessivos de 1 mm até que a diástase possa ser apreciada nas radiografias simples. Observam que todas as diástases de 2 e 3 mm são identificadas nas tomografias, enquanto as diástases de 1 e 2 mm e metade das de 3 mm não podem ser apreciadas nas radiografias de rotina. Concluem que a TC é mais sensível que a radiografia para detectar pequenos graus de diástase nas lesões da sindesmose.

Taser et al.[57], em 2006, examinam se a reconstrução tridimensional de imagens de TC axial e o cálculo do volume do espaço articular aumentam ou não a sensibilidade do diagnóstico de diástase da sindesmose tibiofibular. Utilizam seis espécimes cadavéricos de tornozelo. Um dispositivo pré-calibrado simula diástases de 1, 2 e 3 mm. Descobrem que uma diástase de 1 mm aumenta aproximadamente 43% o volume do espaço articular da sindesmose, enquanto nas diástases de 1 a 3 mm há um aumento de cerca de 20% a cada aumento de 1 mm. Concluem que o cálculo do volume pode ser realizado para o diagnóstico e para avaliação pré e pós-operatória da integridade da sindesmose tibiofibular.

Elgafy et al.[58], em 2010, determinam a morfologia e as medidas da sindesmose tibiofibular saudável e identificam características que possam auxiliar no diagnóstico de diástase. Revisam TC de 100 participantes com sindesmoses tibiofibulares normais. Encontram morfologia em crescente da incisura fibular da tíbia em 67% dos casos e morfologia rasa em 33%. Na análise de toda a amostra, demonstram que a distância média entre o ápice do tubérculo tibial anterior e o ponto mais próximo da fíbula é de 2 mm e a distância média entre o ápice do tubérculo posterior da tíbia e o ponto mais próximo da fíbula é de 4 mm. Na análise de subgrupos, encontram diferenças entre os sexos. A largura média das porções anterior e posterior da sindesmose tibiofibular distal é de 2 mm e 5 mm nos homens e de 2 mm e 4 mm nas mulheres, respectivamente. Concluem que este estudo fornece parâmetros de medidas normais da sindesmose para auxiliar no diagnóstico de diástase oculta.

Pansini[59], em 2010, estuda 159 participantes com lesão ligamentar lateral crônica, atendidos no Hospital Novo Mundo em Curitiba, utilizando a TC comparativa dos tornozelos sem e com estresse. Para os exames com estresse, o polegar do examinador aplica força manual no maléolo lateral, de anterior para posterior, para provocar o deslocamento posterior da fíbula em relação à tíbia. Ambos os tornozelos estão em posição neutra com zero grau de flexão-extensão e zero grau de rotação. Faz mensurações em milímetros dos espaços anterior e posterior da sindesmose e do deslocamento posterior do maléolo lateral em relação ao maléolo medial, nas imagens sem e com estresse de ambos os tornozelos. Considera lesão da sindesmose na TC sob estresse, quando o tornozelo com entorse apresenta pelo menos 1 mm de abertura maior (em qualquer das medidas efetuadas) que a do tornozelo contralateral saudável do mesmo indivíduo. Utilizando os achados intraoperatórios como padrão de referência, a manobra de estresse manual, proposta pelo autor, apresenta sensibilidade de 36% e especificidade de 90%.

Mukhopadhyay et al.[60], em 2011, avaliam retrospectivamente 19 participantes operados de fratura do tornozelo e fixação da sindesmose. Examinam a sindesmose do tornozelo operado e a sindesmose do lado contralateral saudável do mesmo indivíduo utilizando TC bilateral. Medem a diferença entre a largura tibiofibular anterior e largura tibiofibular posterior no mesmo tornozelo, definida como medida padrão G. Propõem uma nova medida, a diástase média, definida como a média da diferença entre a largura tibiofibular anterior entre tornozelos operados e sadios e a largura tibiofibular posterior entre tornozelos operados e sadios. Usando a diástase média como referência, encontram 42% de diástase residual, mesmo após a fixação da sindesmose, quando comparado com o lado saudável. No entanto, se a medida padrão G é usada, todos os 19 casos são considerados anormais. Concluem que é necessário individualizar o método de avaliação para orientar cirurgiões e radiologistas antes da cirurgia de revisão. O valor padrão G como limite normal não pode ser aplicado universalmente.

Dikos et al.[61], em 2012, definem as relações tibiofibulares normais da sindesmose na imagem axial da TC e relatam a confiabilidade dessas medidas. Submetem trinta voluntários saudáveis à TC bilateral dos tornozelos. Medem as distâncias do espaço livre tibiofibular, sobreposição tibiofibular, intervalo tibiofibular anterior e rotação fibular nas imagens axiais. Incluem sessenta tornozelos para análise. Encontram variabilidade anatômica significativa de gênero nas medidas de sobreposição tibiofibular e do intervalo tibiofibular anterior entre os indivíduos. Calculam as variações das medidas entre os tornozelos do mesmo indivíduo e encontram que, em uma população de voluntários saudáveis, as distâncias tibiofibulares não variam mais que 2,3 mm e a rotação da fíbula não varia mais que 6,5°. Concluem que as medidas das relações tibiofibulares feitas em imagens axiais de TC são confiáveis. Devido à variação anatômica significativa entre os indivíduos, o uso do tornozelo contralateral fornece as relações tibiofibulares normais para comparação. Esses critérios permitem detectar mudanças sutis nas relações tibiofibulares e fornecem uma ferramenta para avaliação pós-operatória da redução da sindesmose.

Nault et al.[62], em 2013, descrevem e validam medidas da sindesmose e estabelecem um conjunto de valores normais, utilizando exames de TC de 100 tornozelos no plano axial. Definem um conjunto de seis medidas e dois ângulos que representam a rotação, a translação lateral e a translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia. Encontram boas correlações interobservadores para quase todas as medidas, com coeficientes de correlação intraclasse acima de 0,5. A translação lateral é a medida mais confiável, com valor médio de 2,8 mm. A razão média da distância tibiofibular anterior para a distância tibiofibular posterior é de 0,54. Proximal à superfície articular da extremidade distal da tíbia, a fíbula está em rotação interna de 8,7 graus e, no plano do domo do tálus, está em 6,9 graus de rotação externa. Concluem que os critérios desenvolvidos no estudo podem dar ao cirurgião uma diretriz para avaliar a anatomia da sindesmose com parâmetros confiáveis e que existe uma quantidade significativa de variabilidade na relação tibiofibular distal de tornozelos saudáveis.

Lepojärvi et al.[63], em 2014, revisam 107 TCs de tornozelos com sindesmose tibiofibular saudável. Determinam as variações inter e intraindivíduos e definem medidas padronizadas para verificar a redução da sindesmose. Encontram que, em 97% dos casos normais, a fíbula está situada centralmente ou anteriormente na incisura fibular da tíbia. Concluem que, se há translação posterior da fíbula, a redução deve ser considerada. As medidas de translação sagital não são afetadas pelo tamanho da articulação ou pelo sexo do participante, em contraste com os métodos de medição transversal tradicionalmente usados.

Malhotra et al.[64], em 2014, avaliam retrospectivamente uma série de 14 participantes com lesão crônica da sindesmose e comparam duas novas medições baseadas na TC bilateral dos tornozelos. A primeira medida é o ângulo formado por duas linhas tangenciais às superfícies anterior e posterior da tíbia distal e maléolo lateral 1 cm acima do domo talar. A segunda medida é a área delimitada por essas linhas, usando como referência a superfície lateral da incisura fibular da tíbia e a superfície medial do maléolo lateral. Comparam os tornozelos lesionados e contralaterais normais. Encontram uma redução significativa na medida angular da sindesmose (63,4° vs. 68,4°) e um aumento significativo na medida da área (1,7 cm² vs. 1,2 cm²). Onze dos 14 participantes têm uma medida angular menor e todos os 14 têm uma área maior no tornozelo lesionado. Os testes manuais no intraoperatório (Cotton e rotação externa) confirmam todos os participantes com lesão. Concluem que a comparação da medida angular e a área ajudam a identificar lesão da sindesmose em participantes com dor persistente após um trauma rotacional do tornozelo.

Mendelsohn et al.[65], em 2014, examinam 38 TCs dos membros inferiores para verificar o perfil rotacional do eixo da articulação da sindesmose em relação ao eixo transepicondilar femoral e para descrever a congruência dessa articulação. Eles descobrem que o eixo da sindesmose tibiofibular distal é 32° rodado externamente em relação ao eixo transepicondilar do fêmur. As larguras tibiofibulares médias na porção anterior, central e posterior da sindesmose, realizadas 10 mm acima da linha articular tibiotalar, são 1,7 mm, 1,7 mm e 2,3 mm, respectivamente. Concluem que braçadeiras e parafusos de redução

devem ser colocados nesse ângulo para evitar a malredução da sindesmose. A largura do espaço articular posterior é significativamente maior que os espaços articulares anterior e central. Os resultados deste estudo descrevem a anatomia da articulação tibiofibular distal saudável, para orientar as manobras de redução, e estabelecem uma linha de base para avaliação das tomografias computadorizadas de controle pós-operatório.

Yeung et al.[66], em 2015, exploram a acurácia diagnóstica das medidas da TC na predição da lesão da sindesmose associada à fratura de tornozelo, utilizando como padrão de referência os achados intraoperatórios. Revisam retrospectivamente 123 participantes com fratura de tornozelo, atendidos num hospital terciário. Todos os participantes são tratados com redução aberta e fixação interna para fraturas e testes intraoperatórios de integridade da sindesmose. Classificam a morfologia da incisura fibular da tíbia como profunda ou superficial. Medem a distância tibiofibular entre a borda medial da fíbula e o ponto mais próximo da borda lateral da tíbia nas porções anterior, média, posterior e máxima, utilizando imagens axiais de TC, localizadas 10 mm superiormente à superfície articular da extremidade distal da tíbia. Diagnosticam no intraoperatório 32% dos participantes com lesão da sindesmose. Não encontram diferença significativa na morfologia da incisura fibular da tíbia (profunda ou superficial) e nas distâncias tibiofibulares em relação aos sexos. As medidas no plano axial da TC são significativamente maiores nos tornozelos diagnosticados com lesão da sindesmose do que no grupo sem lesão (distância tibiofibular máxima: 7,2 vs. 4,6 mm; distância tibiofibular anterior: 4,9 vs. 1,8 mm; distância tibiofibular média: 5,3 vs. 3,2 mm; distância tibiofibular posterior: 5,3 vs. 4,1 mm). Calculam seus respectivos valores de corte com melhor sensibilidade e especificidade. As distâncias tibiofibulares anterior e máxima alcançam a maior acurácia diagnóstica com os níveis de corte ótimos de 4 mm (sensibilidade, 56%; especificidade, 92%) e de 5,6 mm (sensibilidade, 74%; especificidade, 80%), respectivamente. Concluem que as medidas da distância tibiofibular no plano axial da TC são preditores úteis para o diagnóstico da lesão da sindesmose nos casos de fratura de tornozelo. As distâncias tibiofibulares anterior e máxima são

os parâmetros mais importantes para prever lesão da sindesmose no intraoperatório.

Kotwal et al.[67], em 2016, recrutam prospectivamente 40 adultos submetidos à tratamento cirúrgico de fratura de tornozelo associada à lesão aguda da sindesmose tibiofibular distal. Elaboram um novo protocolo de TC bilateral dos tornozelos com exposição mínima dos participantes à radiação. Também correlacionam a redução da sindesmose observada na TC com o resultado funcional dos participantes aplicando o escore da *American Orthopaedic Foot & Ankle Society*. Desenvolvem um protocolo direcionado de TC, utilizando cinco cortes, e exposição à radiação de apenas 0,002 mSv para o participante. Utilizam o tornozelo contralateral como parâmetro da normalidade para avaliar a redução da sindesmose. Obtêm o escore no mínimo 1 ano após a cirurgia. Encontram que 42% dos participantes apresentam uma diferença maior que 2 mm entre a sindesmose saudável e a lesionada, e que essa diferença é significativa. Observam escore de 88 para o grupo sindesmose malreduzida e de 93 para o grupo sindesmose reduzida; no entanto, essa diferença não é significativa. Concluem que essa nova técnica de TC é confiável; porém, sugerem que a TC pós-operatória de rotina não se justifica porque não há correlação dos achados de imagem com os resultados funcionais.

Kocadal et al.[68], em 2016, investigam o desempenho das técnicas de fixação por parafuso e botão de sutura para redução da sindesmose, usando TC bilateral dos tornozelos. Revisam 52 participantes tratados para lesões da sindesmose associadas à fratura do tornozelo. Dividem os participantes em dois grupos de acordo com os métodos de fixação. Consideram para a avaliação radiológica quatro parâmetros (redução anteroposterior, redução rotacional, área transversal e volumes tibiofibulares distais). Avaliam no seguimento final a incapacidade funcional dos participantes com o escore da *American Orthopaedic Foot & Ankle Society*. Encontram, no grupo fixação com parafuso, uma diminuição significativa no grau de rotação fibular e um aumento na área transversal superior em comparação com o tornozelo contralateral. No grupo de fixação com botão de sutura, há um aumento significativo na área da porção

inferior da sindesmose e nos volumes tibiofibulares distais em comparação com o tornozelo contralateral. Não encontram diferença significativa entre os grupos no escore funcional. Constatam que, embora os resultados funcionais de ambas as técnicas sejam semelhantes, a restauração da rotação fibular por meio de fixação por parafuso é um problema potencial. Além disso, o espaço da sindesmose pode estar aumentado com a técnica de fixação com botão de sutura. Concluem que a TC é um método útil para avaliar a redução pós-operatória da sindesmose e que as avaliações multiplanares devem ser levadas em consideração ao determinar a qualidade da redução.

Castro et al.[69], em 2018, avaliam 104 participantes com fratura de tornozelo ou lesão ligamentar crônica da sindesmose atendidos no Hospital Novo Mundo em Curitiba. Determinam por TC a frequência de morfologia plana e côncava da incisura fibular da tíbia; verificam a frequência de malredução da fíbula de acordo com a morfologia da incisura; avaliam funcionalmente os participantes aplicando o escore da *American Orthopedics Foot & Ankle Society*. Dos 104 participantes tratados cirurgicamente com fixação da sindesmose, encontram a morfologia plana em 26% dos tornozelos e a morfologia côncava em 74%. Concluem que o tipo côncavo é mais frequente, porém a malredução é mais frequente no tipo plano do que no tipo côncavo e que a malredução também é mais frequente nas fraturas do que nas lesões ligamentares. Observam que o escore funcional é maior (91 pontos) nos 87 participantes com redução anatômica do que nos 17 participantes com malredução (86 pontos).

Chans-Veres et al.[70], em 2021, avaliam 15 participantes saudáveis (30 tornozelos), utilizando um dispositivo de carga simulada ajustável acoplado ao aparelho de TC. O dispositivo realiza tomografias bilaterais do tornozelo em posições forçadas de flexão, extensão, inversão, eversão, rotação interna e rotação externa. A carga axial foi aplicada simultaneamente de forma controlada correspondendo a 70% do peso corporal. Observam ampla variabilidade entre os indivíduos para todas as medidas da sindesmose, porém não encontram diferenças estatisticamente significativas ao comparar um tornozelo com o lado contralateral do mesmo indivíduo. Portanto, concluem que medir os parâmetros

de alinhamento da sindesmose só pode ter valor se comparado ao tornozelo contralateral.

A figura 9 ilustra as medidas mais frequentemente realizadas na TC.

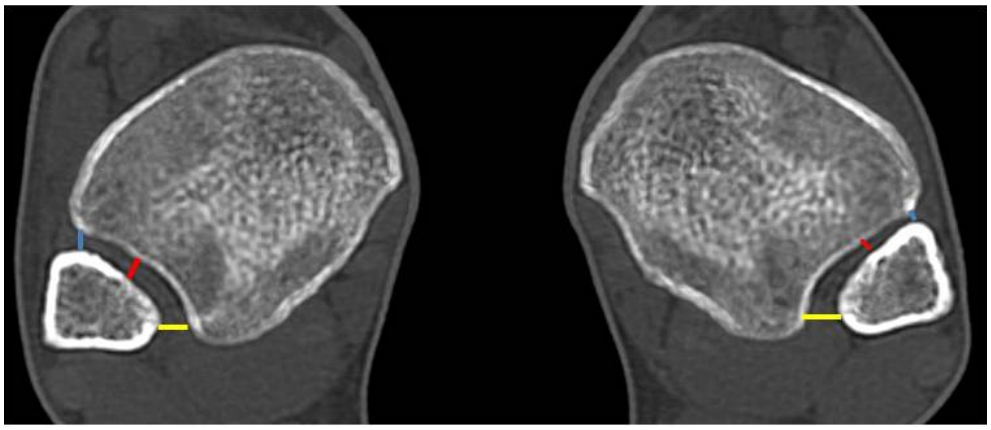


Figura 9 - Imagem de TC comparativa dos tornozelos com as medidas mais frequentemente realizadas no plano axial. Espaços anterior (linha azul), central (linha vermelha) e posterior (linha amarela) da sindesmose

3.4.3 Tomografia computadorizada com carga axial em posição ortostática

Lepojärvi et al.[71], em 2016, investigam a anatomia normal e a dinâmica rotacional da sindesmose tibiofibular distal em 32 individuos, sob condições fisiológicas, utilizando a TC com carga axial em posição ortostática. Encontram que não há mudança significativa no espaço claro tibiofibular entre a rotação interna e externa do tornozelo. Observam que a sindesmose de indivíduos diferentes apresenta variabilidade significativa na translação e rotação da fíbula em relação à tíbia, porém detectam que a variabilidade das medidas entre os tornozelos do mesmo indíviduo não é significativa, sendo inferior a 1 mm para a translação e inferior a 1 grau para a rotação.

Shakoor et al.[72], em 2018, avaliam a influência da carga axial nas medidas da sindesmose tibiofibular usando a TC em posição ortostática em 27 indivíduos assintomáticos. Adquirem imagens de TC do tornozelo no modo com carga axial e no modo sem carga axial e comparam as medidas. Não encontram diferença significativa nas medidas da sindesmose durante o modo com carga axial em relação ao modo sem carga, o que implica que a relação tibiofibular permanece inalterada sob condições de carga axial fisiológica.

Hoogervorst et al.[73], em 2019, quantificam o movimento fisiológico da fíbula em relação à tibia em tornozelos saudáveis de nove indivíduos usando um sistema de imagem de TC com carga axial e sem carga axial com o pé na posição plantígrada. Medidas, previamente validadas, avaliam a translação e rotação da fíbula. Concluem que, in vivo, a sindesmose intacta não apresenta movimento fisiológico estaticamente significativo entre as condições com carga axial e sem carga axial com o pé na posição plantígrada.

Krähenbühl et al.[16], em 2019, avaliam o impacto da aplicação de rotação externa na avaliação da instabilidade da sindesmose usando TC com carga axial em sete pares de cadáveres masculinos. Testam quatro condições durante a aplicação de carga axial e rotação externa do tornozelo. Primeiro, avaliam tornozelos intactos. Em segundo lugar, promovem a transecção do ligamento tibiofibular anteroinferior em um tornozelo, enquanto o tornozelo contralateral do mesmo cadáver é submetido à transecção do ligamento deltoide. Terceiro, seccionam os ligamentos deltoide e tibiofibular anteroinferior, os quais estavam intactos na segunda fase. Por último, seccionam o ligamento interósseo em todos os tornozelos. Encontram que a rotação externa tem impacto em quase todas as condições e aumenta a capacidade de diagnosticar instabilidade da sindesmose. Observam que a aplicação de rotação externa nas lesões isoladas do ligamento tibiofibular anteroinferior ou deltoide não resultam em mudança significativa na relação tibiofibular.

Krähenbühl et al.[17], em 2019, avaliam a utilidade da TC com carga axial nas lesões completas (envolvendo os três ligamentos) da sindesmose e nas

lesões incompletas (envolvendo um ou dois ligamentos) em dez cadáveres masculinos. Testam a TC com carga axial em quatro condições com e sem rotação externa do tornozelo. Primeiro, submetem os tornozelos intactos ao exame de imagem. Em segundo lugar, seccionam o ligamento tibiofibular anteroinferior. Depois, seccionam o ligamento deltoide, seguido pelo ligamento interósseo. Por último, seccionam o ligamento tibiofibular posteroinferior. Concluem que a rotação externa ajuda a diagnosticar lesões incompletas da sindesmose. A sobreposição tibiofibular pode ser útil para identificar lesões incompletas, enquanto os espaços claro medial e claro tibiofibular predizem lesões completas.

Lamer et al.[15], em 2019, avaliam o efeito de uma bota de marcha com movimento controlado do tornozelo na instabilidade da sindesmose, após secção isolada do ligamento tibiofibular anteroinferior e secção combinada dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo em 10 cadáveres, usando um modelo de carga axial simulada. Medições por TC, previamente validadas, avaliam a relação tibiofibular distal com e sem o uso de carga axial e com e sem o uso da bota. Sem o uso da bota, a comparação das amostras com secção isolada do ligamento tibiofibular anteroinferior ou combinada dos ligamentos anteroinferior e interósseo não mostra diferença significativa entre as condições com e sem carga axial. Com o uso da bota, encontram aumento significativo da rotação externa da fíbula durante a carga axial. Concluem que a carga axial não causa deslocamento significativo entre a fíbula e a tíbia, mesmo quando dois ligamentos estão rompidos. No entanto, a bota de marcha produz uma rotação externa significativa da fíbula, tanto na lesão isolada do ligamento tibiofibular anteroinferior quanto na lesão combinada dos ligamentos anteroinferior e interósseo.

del Rio et al.[20], em 2020, avaliam a área transversal da sindesmose em tornozelos instáveis comprovados artroscopicamente após lesão aguda em 39 pacientes. Medem e comparam a área da sindesmose entre o tornozelo instável e o contralateral saudável do mesmo indivíduo, nas condições sem e com carga axial. Encontram na TC com carga axial que a área da sindesmose do tornozelo

instável é significativamente maior do que a do tornozelo contralateral saudável. Observam na TC sem carga axial que a área da sindesmose do tornozelo instável também é significativamente maior do que o lado contralateral saudável, porém a diferença entre as áreas é menor do que na TC com carga axial.

Hamard et al.[19], em 2020, avaliam a acurácia diagnóstica da TC com carga axial em 18 pacientes com instabilidade da sindesmose confirmada ao exame artroscópico e comparam com a TC sem carga axial. Observam que a área sob a curva ROC é maior para a TC sem carga axial do que para a TC com carga axial na avaliação da instabilidade da sindesmose. Concluem que a TC sem carga axial demonstra melhor acurácia para diagnosticar a instabilidade da sindesmose do que a TC com carga axial.

3.4.4 Ressonância magnética

Vogl et al.[74], em 1997, avaliam o potencial diagnóstico da RM na lesão da sindesmose tibiofibular. Estudam prospectivamente 38 participantes com trauma agudo do tornozelo, utilizando radiografia convencional e RM. A inspeção intraoperatória revela lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior em 15 participantes, ligamento tibiofibular anteroinferior intacto em 6 e ligamento tibiofibular posteroinferior intacto em 21. Exames clínicos e de acompanhamento mostram sindesmose intacta em outros 17 participantes. Definem a diástase tibiofibular como critério diagnóstico para a radiografia convencional. Para a RM, definem como critério diagnóstico a não visualização do ligamento tibiofibular anteroinferior; um curso anormal, um contorno ondulado e irregular; aumento da intensidade do sinal nas sequências T1 e/ou T2, e acentuado realce pós-contraste na sequência T1. A maior acurácia é alcançada se três ou mais critérios diagnósticos estão presentes. As sequências ponderadas em T2 possibilitaram o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior com sensibilidade de 60% e uma especificidade de 65%, sequências ponderadas em T1 com sensibilidade de 60% e uma especificidade de 74%. As sequências

ponderadas em T1 com contraste provaram ser as sequências mais acuradas, com sensibilidade de 100% e especificidade de 83%. Concluem que a RM é uma ferramenta altamente sensível e específica para a avaliação pré-terapêutica da lesão da sindesmose.

Uys e Rijke[75], em 2002, formulam a hipótese de que a lesão dos ligamentos talofibular anterior e calcaneofibular pode fornecer informações sobre a extensão do envolvimento da sindesmose. Incluem no estudo 25 participantes avaliados por RM e radiografias com estresse. Descobrem que os ligamentos intactos da sindesmose têm igual frequência entre participantes com ligamentos colaterais normais ou lesados e que a lesão ligamentar grave da sindesmose está associada a ligamentos colaterais normais ou minimamente traumatizados. Inferem que a correlação inversa pode ser explicada com base na diferença entre os mecanismos de entorse que causam estas lesões.

Oae et al.[21], em 2003, comparam o uso da RM com a artroscopia para o diagnóstico de lesão da sindesmose tibiofibular. Avaliam 58 participantes com entorse de tornozelo ou fraturas da extremidade distal da fíbula, todos examinados com RM e artroscopia. Definem dois critérios para o diagnóstico de lesão ligamentar a RM. O critério I corresponde à descontinuidade do ligamento e o critério II ao contorno do ligamento ondulado, curvo ou não visualizado. Os achados artroscópicos mostram lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior em 28 participantes e lesão do ligamento tibiofibular posteroinferior em cinco participantes. Utilizando o critério I, o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior apresenta sensibilidade de 100%, especificidade de 70% e acurácia de 84%; e o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular posteroinferior sensibilidade de 100%, especificidade de 94% e acurácia de 95%. Utilizando os critérios I e II combinados, o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior apresenta sensibilidade de 100%, especificidade de 93% e acurácia de 97%; e o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular posteroinferior apresenta sensibilidade de 100%, especificidade de 100% e acurácia de 100%. Concluem que a RM, utilizando ambos os critérios, tem alta acurácia para o diagnóstico de lesão da sindesmose tibiofibular.

Takao et al.[55], em 2003, avaliam 52 participantes e determinam a acurácia da RM para o diagnóstico da lesão da sindesmose tibiofibular, utilizando a artroscopia como padrão de referência. Encontram 100% de sensibilidade, 93,1% de especificidade e 96,2% de acurácia para o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior. Para o ligamento tibiofibular posteroinferior, encontram 100% de sensibilidade, 100% de especificidade e 100% de acurácia. Concluem que, embora a RM seja útil, sugerem que a artroscopia do tornozelo é indispensável para o diagnóstico correto da lesão da sindesmose tibiofibular.

Brown et al.[76], em 2004, descrevem os achados associados às lesões agudas e crônicas da sindesmose encontrados na RM de 1,5T. Dois radiologistas avaliam 94 tornozelos com histórico de entorse grave e procuram por lesão da sindesmose em fase aguda (edema da sindesmose) ou crônica (espessamento ligamentar sem edema). Também registram os achados das lesões associadas incluindo lesão do ligamento talofibular anterior, contusão óssea, lesão osteocondral, congruência da articulação tibiofibular, altura do recesso tibiofibular e osteoartrose. Encontram 63% dos tornozelos com lesão da sindesmose. Dos tornozelos com lesão da sindesmose, observam achados associados de lesão do ligamento talofibular anterior em 83%, contusões ósseas em 37%, lesões osteocondrais em 42% e incongruência da articulação tibiofibular em 45%. A altura do recesso tibiofibular é significativamente maior nas lesões agudas (1,2 cm) e crônicas (1,4 cm) da sindesmose do que nos casos sem lesão da sindesmose (0,5 cm). A osteoartrose tibiotalar está presente em 13% das lesões da sindesmose. Concluem que a lesão na sindesmose tibiofibular tem uma associação com vários achados secundários na RM, incluindo lesão do ligamento talofibular anterior, contusões ósseas, lesões osteocondrais, congruência da articulação tibiofibular e altura do recesso tibiofibular.

Han et al.[77], em 2007, determinam a sensibilidade e especificidade da RM para o diagnóstico de lesão crônica da sindesmose utilizando a artroscopia como padrão de referência. Avaliam 20 participantes aplicando o critério diagnóstico de alargamento da sindesmose maior que 2 mm ao exame artroscópico.

Calculam a sensibilidade, especificidade e acurácia da RM em 90,0%, 94,8% e 93,4%, respectivamente. Concluem que a RM mostra alta sensibilidade, especificidade e acurácia, de acordo com os critérios propostos, e recomendam este método como a principal ferramenta para o diagnóstico de lesão crônica da sindesmose. Sugerem que, nos casos crônicos, a dor é causada principalmente por hipertrofia e impacto dos tecidos moles na sindesmose tibiofibular.

Kim et al.[78], em 2007, determinam retrospectivamente a acurácia diagnóstica da aquisição *spoiled gradient recalled echo* 3D com saturação de gordura e contraste endovenoso na avaliação da lesão da sindesmose tibiofibular. Comparam as imagens da sequência *spoiled gradient recalled echo* 3D com as imagens das sequências convencionais de RM. Utilizam a artroscopia como padrão de referência. Incluem 45 participantes com lesão crônica da sindesmose, submetidos a RM e cirurgia artroscópica. Atribuem escores de 1 a 5 em ordem crescente da probabilidade de lesão da sindesmose em ambas as sequências testadas. Medem a altura do recesso da sindesmose em imagens com contraste. Comparam as sequências quanto à acurácia diagnóstica utilizando a área sob a curva ROC. Encontram na artroscopia que a lesão da sindesmose está presente em 24 tornozelos e ausente em 21 tornozelos. A área sob a curva ROC é significativamente mais alta para a sequência *spoiled gradient recalled echo* 3D, mostrando maior acurácia, sensibilidade e especificidade em comparação com as sequências convencionais. A altura média do recesso da sindesmose é significativamente maior nos participantes com lesão da sindesmose. Concluem que a sequência *spoiled gradient recalled echo* 3D com saturação de gordura e injeção de contraste endovenoso é mais sensível, específica e acurada do que as sequências convencionais.

Chun et al.[79], em 2015, avaliam a prevalência de lesão do ligamento deltoide e lesão da sindesmose tibiofibular na RM 3T em participantes com lesão crônica dos ligamentos colaterais laterais do tornozelo. Incluem 50 participantes submetidos à RM 3T pré-operatória e tratamento cirúrgico. A gravidade da lesão dos ligamentos colaterais laterais é correlacionada com a prevalência de lesões do ligamento deltoide ou da sindesmose. Utilizam a artroscopia como padrão de

referência. Encontram que a lesão do ligamento deltoide é identificada em 36% dos participantes e tem a seguinte distribuição: 50% de lesão isolada do folheto superficial; 11% de lesão isolada do folheto profundo; e 39% de lesão de ambos os folhetos. Encontram lesão da sindesmose tibiofibular em 42% dos participantes com as seguintes características: 90% de lesão isolada do ligamento tibiofibular anteroinferior e 10% de lesão combinada dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo. Não há correlação entre a gravidade da lesão dos ligamentos colaterais laterais e a prevalência de lesão do ligamento deltoide ou da sindesmose. A sensibilidade e especificidade da RM para detecção de lesão do ligamento deltoide é de 84% e 93%, e para detecção de lesão da sindesmose é de 91% e 100%, respectivamente. Concluem que a RM 3T é útil para a detecção de todos os tipos de lesão ligamentar do tornozelo, pois as lesões do ligamento deltoide ou da sindesmose são comuns e independem da gravidade da lesão dos ligamentos colaterais laterais. Afirmam que uma interpretação cuidadosa da RM pré-operatória é essencial.

Clanton et al.[80], em 2016, avaliam as apresentações dos ligamentos em indivíduos assintomáticas e em participantes com lesão ligamentar da sindesmose, utilizando a RM 3,0T. Caracterizam a anatomia ligamentar da sindesmose em dez voluntários assintomáticos de mesma idade. Revisam e analisam uma série consecutiva de 21 participantes com RM pré-operatória e avaliação artroscópica subsequente. Encontram 87% de sensibilidade, 100% de especificidade e 90% de acurácia da RM para o diagnóstico de lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior. Para o ligamento tibiofibular posteroinferior, encontram 95% de especificidade e 95% de acurácia, porém não calculam a sensibilidade porque todos estavam intactos no intraoperatório. Para o ligamento interósseo encontram 66% de sensibilidade, 87% de especificidade e 81% de acurácia. Concluem que a RM 3,0T pré-operatória demonstra excelente acurácia diagnóstica e permite a visualização de cada um dos ligamentos da sindesmose.

A figura 10 mostra um exemplo do padrão mais frequente de lesão ligamentar da sindesmose encontrada à RM.

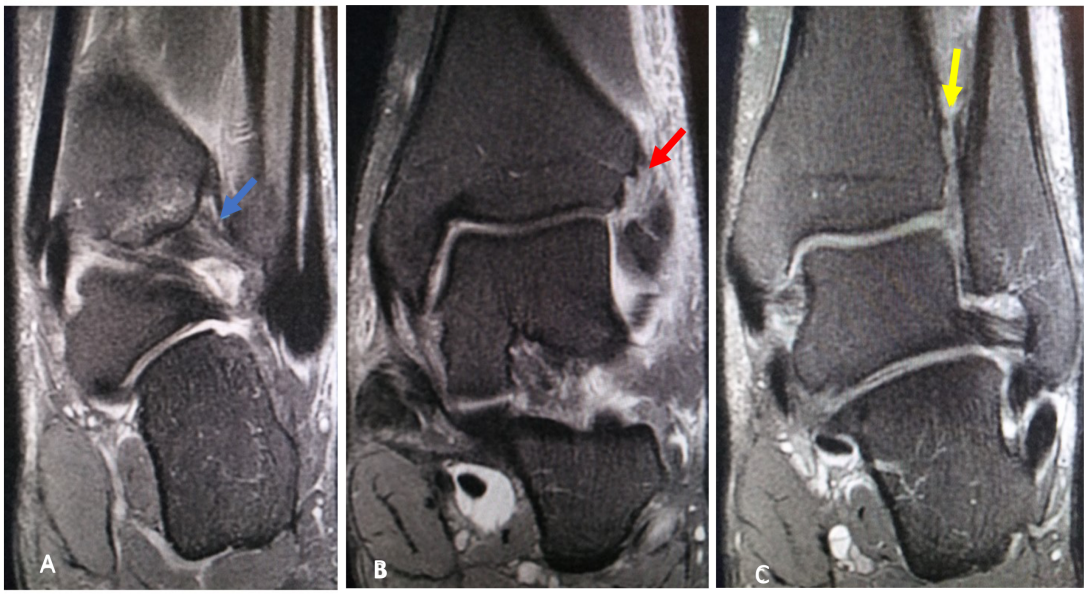


Figura 10 - Lesão ligamentar mais frequente da sindesmose. Imagem (A) de RM no plano coronal T2 com saturação de gordura mostra lesão parcial do ligamento tibiofibular posteroinferior com aumento de sinal intrassubstancial (seta azul). Imagem (B) de RM no plano coronal T2 com saturação de gordura mostra lesão completa do ligamento tibiofibular anteroinferior com descontinuidade dos fascículos (seta vermelha). Imagem (C) de RM no plano coronal T2 com saturação de gordura mostra lesão completa do ligamento interósseo (seta amarela)

3.4.5 Estudos de revisão sistemática sobre acurácia diagnóstica

Krähenbühl et al.[9], em 2018, fornecem uma revisão sistemática das opções de diagnóstico por imagem para avaliar a sindesmose tibiofibular distal. Realizam uma pesquisa da literatura nas seguintes fontes: PubMed, ScienceDirect, Google Scholar e SpringerLink. Incluem 42 artigos subdivididos em três grupos: grupo I corresponde a estudos de radiografias convencionais (22 artigos), grupo II inclui estudos com TC (15 artigos) e o grupo III compreende estudos de RM (9 artigos). Extraem os seguintes dados: modalidade de imagem, método de medição, número de participantes e tornozelos incluídos, média de idade dos participantes, sensibilidade, especificidade e acurácia da técnica de

medição. Utilizam a ferramenta *Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies 2* para avaliar a qualidade metodológica. Encontram que as três medidas mais comuns em radiografias convencionais são o espaço claro tibiofibular, a sobreposição tibiofibular e o espaço claro medial. A acurácia diagnóstica da radiografia convencional para lesões isoladas da sindesmose difere significativamente entre os autores, com valores de sensibilidade variando entre 43 e 82% e especificidade entre 59 e 100%. Em relação à TC, os estudos avaliam tornozelos saudáveis ou tornozelos com fratura associada à lesão da sindesmose. Apenas um estudo de TC, avaliando fratura de tornozelo associada à lesão da sindesmose, reporta valores de sensibilidade e especificidade. Nenhum estudo reporta valores de sensibilidade e especificidade na avaliação de lesão isolada da sindesmose. Medidas da largura tibiofibular, realizada no plano axial da TC, é a mais utilizada. A maioria dos estudos de RM utiliza a avaliação direta da integridade dos ligamentos. No geral, os estudos mostram uma baixa probabilidade de viés e são aplicáveis na prática diária. Concluem que as medidas radiográficas convencionais têm uso limitado e não preveem a gravidade das lesões de forma confiável. A TC supera as radiografias simples na detecção de má redução e o intervalo da sindesmose é avaliado em mais detalhes. A RM atinge uma sensibilidade e especificidade de quase 100%; no entanto, é difícil correlacionar os achados da RM com as queixas dos participantes. A utilidade da RM para o diagnóstico de lesões de menor gravidade precisa de mais investigação. No geral, a qualidade metodológica dos estudos é satisfatória.

Chun et al.[23], em 2019, fazem uma revisão sistemática e meta-análise com objetivo de determinar se os exames de imagem diagnosticam de forma acurada a lesão da sindesmose tibiofibular. A pesquisa nos bancos de dados Medline, Embase e Cochrane resulta em 258 artigos elegíveis, porém apenas oito artigos atendem aos critérios de inclusão. Encontram na meta-análise que a sensibilidade e especificidade para o exame radiográfico são 52% e 98%, para a TC são 66% e 87% e para a RM são 92% e 86%, respectivamente. A RM mostra maior sensibilidade com diferença estatística significativa na comparação com os outros métodos, porém não mostra diferença significativa na

especificidade. Há uma diferença significativa na acurácia diagnóstica entre os métodos de acordo com a presença ou ausência de fraturas. Na presença de fraturas, a radiografia simples tem boa especificidade. Independentemente da fratura, a TC tem moderada sensibilidade e alta especificidade e a RM têm alta sensibilidade e especificidade. Concluem que a RM tem acurácia diagnóstica semelhante aos achados artroscópicos.

3.5 Classificação

Edwards e Delee[81], em 1984, classificam as lesões da sindesmose em três tipos de acordo com as radiografias: estável, diástase latente e diástase franca. Na diástase latente, o alargamento do espaço tibiofibular é detectável nas radiografias com estresse, enquanto, na diástase franca, o alargamento é visível nas radiografias convencionais. A diástase franca é ainda dividida em quatro estágios: o tipo I é uma subluxação lateral da fíbula sem deformidade plástica, o tipo II consiste na deformidade plástica da fíbula, o tipo III é uma subluxação posterior da fíbula e o tipo IV é uma interposição do tálus entre a tíbia e a fíbula sem fratura.

Kelikian e Kelikian[31], em 1985, definem três tipos de lesão da sindesmose tibiofibular. A mais comum e mais difícil de reconhecer é a diástase anterior resultante da rotação externa do tálus. Essa lesão inicia-se na parte anterior da sindesmose e progride para trás. Pode mostrar lesões associadas e frequentemente ocorre a fratura avulsiva da margem posterolateral da tíbia. O ligamento tibiofibular posteroinferior intacto pode atuar como uma dobradiça, resultando em uma lesão em livro aberto. Rotura parcial ou completa do ligamento deltoide também pode ser observada nesse tipo de lesão. O segundo tipo é a diástase tibiofibular completa, definida por lesão de todos os ligamentos da sindesmose. É o resultado de rotação externa ou abdução. Essa diástase é frequentemente associada a uma fratura do maléolo medial ou a uma ruptura do ligamento deltoide. O terceiro tipo de lesão é a forma menos comum de diástase.

É conhecida como diástase intercalar, ocorrendo em crianças, resultante da lesão da membrana interóssea combinada com uma fratura metafisária da fíbula e uma fratura da placa fisária da tíbia. Nesta diástase, os ligamentos da sindesmose permanecem intactos.

Marymont et al.[82], em 1986, desenvolvem uma classificação de lesões agudas do tornozelo sem fratura ou diástase franca usando radiografias de estresse e cintilografia óssea. No grau 0, a sindesmose não apresenta alargamento a radiografia e a cintilografia óssea é negativa. No grau I, a sindesmose não apresenta alargamento a radiografia e a cintilografia óssea tem captação positiva. No grau II, nota-se alargamento menor que 1 mm da sindesmose na radiografia. No grau III, há alargamento maior que 1 mm da sindesmose na radiografia.

Gerber et al.[2], em 1998, criam um sistema de classificação baseado no grau de instabilidade que orienta o tratamento conhecido como *West Point Ankle Grading System*. A lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior define o grau I, não causa instablidade da sindesmose e pode ser tratada de forma conservadora com imobilização, redução de carga e reabilitação gradual. Na lesão grau II, há lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo, testes clínicos de rotação externa e *squeeze* positivos. A lesão grau II pode ser subclassificada em IIA, quando é considerada clinicamente estável e o tratamento é conservador, e IIB, quando é considerada dinamicamente instável e o tratamento é cirúrgico. A lesão grau III é caracterizada por lesão completa e instabilidade franca da sindesmose e requer estabilização cirúrgica.

Porter et al.[83], em 2008, descrevem um sistema de classificação com base nos ligamentos envolvidos da sindesmose e deltoide. O grau I é considerado estável, sem diástase, enquanto a lesão grau II leva a uma diástase oculta com o tornozelo normalmente alinhado em radiografias comuns. Investigações adicionais, como radiografias com estresse, são necessárias para fazer o diagnóstico. A lesão grau III pode estar associada a uma fratura da fíbula

proximal e leva a uma diástase franca no exame clínico e a uma diástase tibiofibular nas radiografias convencionais.

Massobrio et al.[84], em 2011, desenvolvem um sistema de classificação radiográfica baseada na sobreposição tibiofibular. Na incidência anteroposterior do tornozelo, a sobreposição da margem medial da fíbula e da margem lateral do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia é geralmente de 10 mm. No grau 0, observa-se sobreposição tibiofibular habitual. No grau I, ocorre sobreposição tibiofibular igual ou maior que 50%. No grau II, há sobreposição tibiofibular inferior a 50%. No grau III, não há sobreposição tibiofibular.

Sikka et al.[85], em 2012, avaliam a capacidade prognóstica da RM na previsão do tempo de afastamento do esporte. Revisam os registros da sala de treinamento de 1993 a 2007 para três equipes da Liga Nacional de Futebol Americano. Diagnosticam lesões da sindesmose em 36 jogadores profissionais submetidos a radiografias e RM. Classificam 11% dos jogadores como lesão grau I a RM (lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior), 14% como lesão grau II (lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo), 67% como lesão grau III (lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior, interósseo e tibiofibular posteroinferior) e 8% como lesão grau IV (lesão grau III com lesão adicional do ligamento deltoide). O aumento do grau de lesão tem correlação positiva com aumento no número de jogos e treinos perdidos. Concluem que a RM pode ser útil para definir a gravidade da lesão da sindesmose, detectar lesões associadas e ajudar a prever o tempo de incapacidade usando um sistema de classificação.

4. MÉTODOS

4 MÉTODOS

Este estudo seguiu as diretrizes e normas para relato de estudos de acurácia diagnóstica (STARD)[86]. Registramos o protocolo de pesquisa no *ClinicalTrials.gov* (NCT04095598; pré-resultados) e também publicamos o protocolo sem resultados em duas revistas médicas[87,88] com o intuito de aumentar a transparência e a validade interna do estudo.

4.1 Desenho do estudo

Estudo prospectivo de acurácia diagnóstica.

4.2 Aprovação na comissão de ética e termo de consentimento

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein, no dia 8 de fevereiro de 2017, como protocolo de pesquisa e registrado sob o número 62100016.5.0000.0071 (**Anexo A**).

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, aprovou este estudo no dia 17 de outubro de 2018, como protocolo de pesquisa e registrou sob o número 62100016.5.2001.0068 (**Anexo B**).

A todos os participantes selecionados foi explicado do que se tratava a pesquisa e foi oferecida a opção de participação ou não. Todos os participantes ou seus responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, que explica, em termos leigos, os objetivos do trabalho. Foi assegurada a opção de abandonar a participação na pesquisa, sem prejuízo à assistência médica (**Anexo C**).

4.3 Custo

O estudo não contou com auxílio financeiro de nenhum órgão de fomento à pesquisa. Os pesquisadores não apresentaram conflito de interesses.

4.4 População estudada

No período compreendido entre fevereiro de 2017 e dezembro de 2020, foram inscritos no estudo 72 participantes com suspeita clínica de lesão ligamentar da sindesmose tibiofibular distal, atendidos no ambulatório ortopédico de tornozelo e pé do Hospital Israelita Albert Einstein. Os exames de imagem foram realizados no Departamento de Radiologia da mesma instituição.

O ambulatório de tornozelo e pé do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas é um centro referenciado de atendimento a traumas complexos do tornozelo, e não foi possível incluir participantes deste centro, pois, durante o período de recrutamento do estudo, o perfil dos pacientes atendidos não correspondeu aos critérios de inclusão.

4.5 Participantes

4.5.1 Critérios de inclusão

a) Indivíduos com mais de 18 anos;
b) Um episódio de entorse de tornozelo relatado pelo participante;
c) O episódio de entorse ocorreu até 3 semanas antes;

d) Avaliação ortopédica suspeita para lesão unilateral da sindesmose, definida como pelo menos um teste clínico positivo a seguir:
    - Dor durante a palpação da sindesmose tibiofibular distal[89];
    - Dor durante o teste de compressão manual da tíbia e fíbula no terço médio da perna[90];
    - Dor durante o teste de rotação externa[3]; e
    - Incapacidade de ficar na ponta do pé afetado[91].

4.5.2 Critérios de exclusão

a) Antecedente de entorse no tornozelo contralateral;
b) Lesão ligamentar crônica do tornozelo identificada no exame de RM;
c) Lesão ligamentar simultânea da sindesmose e colaterais laterais identificadas no exame de RM;
d) Cirurgia prévia no tornozelo;
e) Fraturas bimaleolares e luxações do tornozelo;
f) Deformidades congênitas ou adquiridas no tornozelo; e
g) Infecções, artropatias inflamatórias ou neuropáticas do tornozelo.

4.6 Seleção e recrutamento de participantes

Uma amostra consecutiva de indivíduos com suspeita de lesão da sindesmose atendida no Ambulatório de Pé e Tornozelo foi encaminhada ao Departamento de Radiologia para realizar TC e RM. Uma assistente de pesquisa avaliou todos os participantes quanto à elegibilidade e os entrevistou sobre sua vontade de participar, esclarecendo os objetivos da pesquisa e convidando aqueles que atenderam aos critérios de inclusão para se inscrever. A assistente de pesquisa também descreveu todos os detalhes do estudo, respondeu a todas as perguntas sobre os objetivos, riscos, benefícios e confidencialidade e leu em

voz alta o formulário de consentimento informado. Os indivíduos que concordaram em participar assinaram e dataram o formulário de consentimento informado. Uma cópia do consentimento informado foi anexada ao prontuário médico e uma segunda cópia foi entregue aos participantes. Os participantes forneceram dados demográficos e preencheram os formulários antes de realizar exames de imagem. Se, por qualquer motivo, o participante não conseguiu assinar o termo de consentimento informado, a assistente de pesquisa forneceu uma descrição verbal do estudo e solicitou o consentimento verbal na presença de um observador, que assinou o termo de consentimento informado. Os motivos de não inclusão ou recusa em participar foram registrados. A figura 11 mostra o fluxograma delineando os procedimentos do estudo.

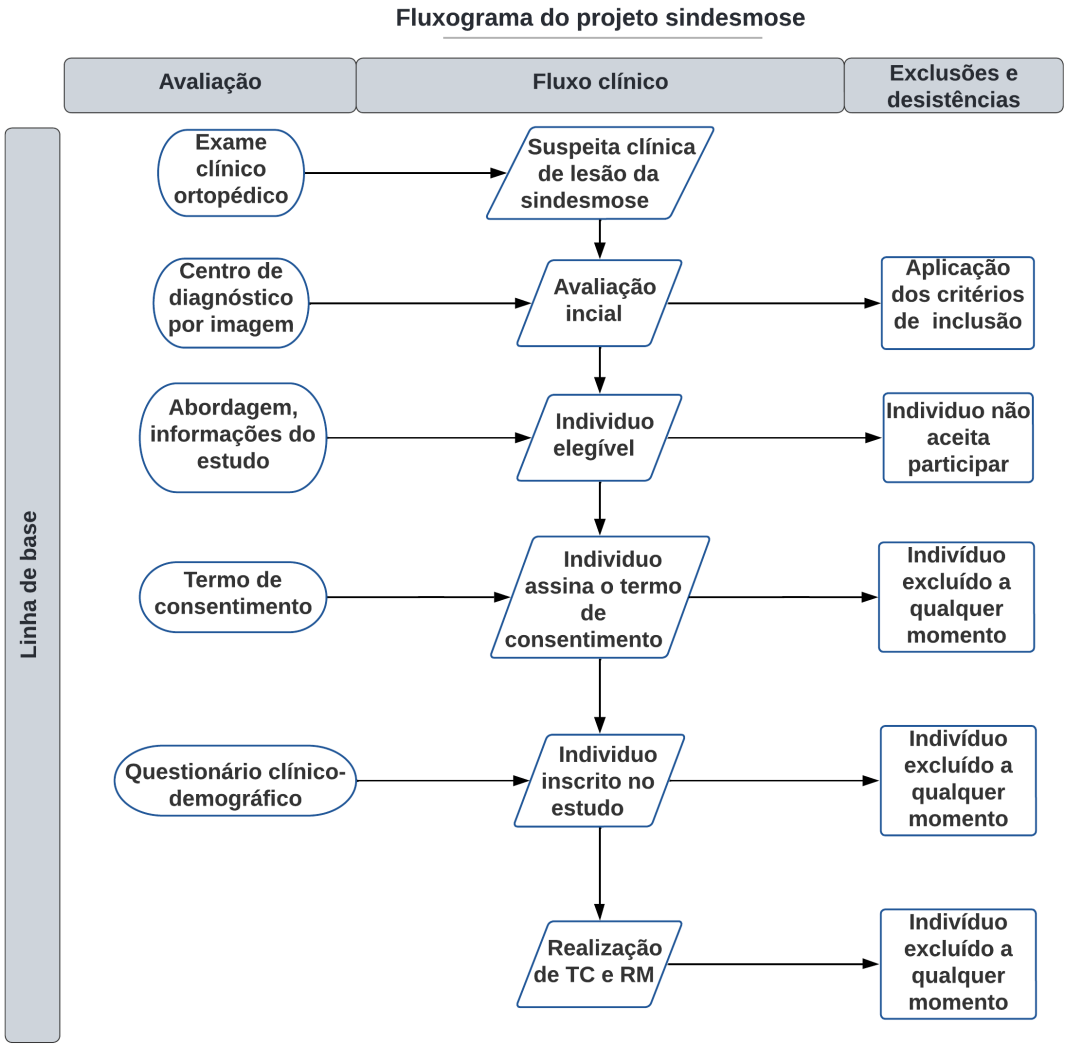


Figura 11 - Fluxograma do estudo. Os indivíduos foram avaliados para elegibilidade com aplicação dos critérios de inclusão. Os indivíduos elegíveis foram convidados a participar do estudo. Após explicação sobre os propósitos do estudo, os indivíduos que aceitaram participar leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e responderam aos questionários clínico-demográficos, antes da realização dos exames de TC e RM

4.7 Testes índices

4.7.1 Parâmetros técnicos dos testes de TC

Um aparelho Aquilion ONE V6 (Toshiba Medical Systems, Tochigi, Japão) realizou os exames de TC utilizando os seguintes parâmetros técnicos: aquisição volumétrica, 120 kV, 150 mA, tempo de rotação de 0,5 s, espessura de corte de 0,5 mm, interpolação de 0,25 mm, 320 detectores, campo de visão médio ou grande e filtro fino para ossos. A menor dose possível de irradiação produziu imagens de qualidade diagnóstica. Os tornozelos dos participantes foram escaneados simultaneamente no mesmo campo de visão.

4.7.2 Prancha de acrílico

Os investigadores realizaram os exames de TC dos tornozelos de maneira padronizada. Todos os participantes foram examinados em decúbito dorsal com os pés apoiados numa prancha de acrílico (Medintec, Mogi das Cruzes, Brasil) conectada a um par de cordas laterais de comprimento ajustável (figura 12). Os pesquisadores solicitaram aos participantes que segurassem o suporte manual nas extremidades proximais das cordas. Utilizando o sistema de alto-falantes da sala de TC, os pesquisadores deram aos participantes os comandos verbais para puxarem as cordas e realizarem a máxima extensão dos tornozelos nos momentos apropriados.

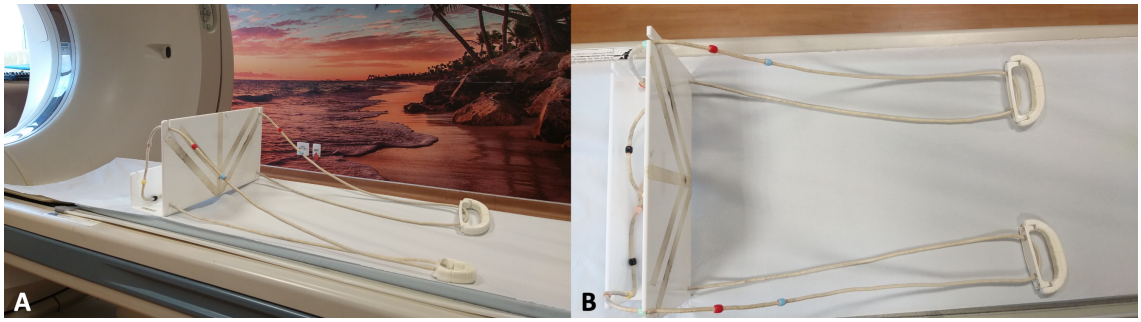


Figura 12 - Fotografia da prancha de acrílico utilizada nos testes de TC em vista lateral (A) e superior (B).

4.7.3 TC dos tornozelos em posição neutra

Na primeira fase, o exame foi realizado em posição neutra dos tornozelos (figura 13). Os pés permaneceram paralelos entre si e perpendiculares ao eixo longo das pernas. Os joelhos estavam em extensão.

4.7.4 TC dos tornozelos com manobras de estresse e joelhos em extensão

Na segunda fase, o exame foi realizado com manobras de rotação externa e extensão dos tornozelos (figura 13). Os pesquisadores controlaram a rotação externa colocando os pés a 45 graus usando um medidor de ângulo e uma linha vertical como referência. Um comando de voz instruiu o participante a manter a máxima extensão dos tornozelos até o limite de dor tolerável durante a aquisição das imagens. Os joelhos estavam em extensão e os pesquisadores perceberam que haveria contribuição dos quadris no movimento de rotação externa e o grau de estresse sobre as sindesmoses seria menor do que o desejável.

4.7.5 TC dos tornozelos com manobras de estresse e joelhos em semiflexão

Na terceira fase, o exame foi realizado com manobras de rotação externa e extensão dos tornozelos e semiflexão dos joelhos (figura 13). Os pesquisadores controlaram a rotação externa colocando os pés a 45 graus usando um medidor de ângulo e uma linha vertical como referência. Um comando de voz instruiu o participante a manter a máxima extensão dos tornozelos até o limite da dor tolerável durante a aquisição da imagem. Uma almofada de apoio manteve os joelhos semiflexionados a 45 graus. O objetivo da semiflexão dos joelhos foi anular a influência da rotação externa dos quadris e aumentar o estresse sobre as sindesmoses.

Figura 13 - Fotografia de participante durante a fase neutra em vista lateral (A) e superior (B). Fotografia de participante durante a fase de rotação externa dos membros inferiores e extensão dos tornozelos com os joelhos em extensão em vista lateral (C) e superior (D). Fotografia de participante durante a fase de rotação externa e extensão dos tornozelos com os joelhos semiflexionados em vista lateral (E) e superior (F). Almofada de apoio (seta vermelha) utilizada durante a fase com os joelhos em posição semiflexionada (E).

4.7.6 Mensuração dos ângulos das manobras de estresse

O ângulo de rotação externa foi registrado no plano axial das imagens de TC, (figura 14). Uma linha vertical imaginária definiu a linha de referência. Uma segunda linha que une a porção central da cabeça do 3º metatarso e a porção central da tuberosidade posterior do calcâneo definiu o eixo central do pé. O ângulo formado entre essas duas linhas corresponde ao ângulo de rotação externa. A mesma medida foi realizada de maneira padronizada nos três testes de TC. A diferença entre o valor do ângulo mensurado no teste TCME-JE e o valor mensurado na TCPN definiu o grau de rotação externa do teste TCME-JE. A diferença entre o valor do ângulo mensurado no teste índice TCME-JF e o valor mensurado na TCPN definiu o grau de rotação externa do teste TCME-JF.

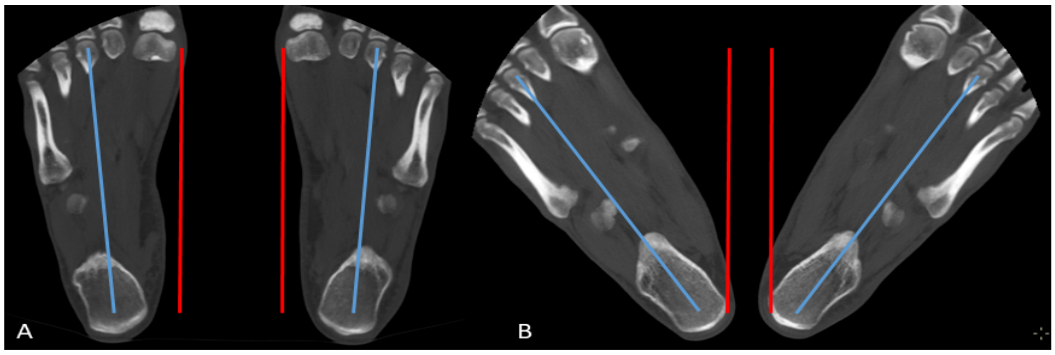


Figura 14 - Imagem A de TC mostrando o ângulo de rotação externa no plano axial do teste TCPN. Imagem B de TC mostrando o ângulo de rotação externa no plano axial do teste TCME-JE. Linha vertical imaginária (linha vermelha). Linha formada entre a cabeça do terceiro metatarso e tuberosidade posterior do calcâneo (linha azul). O ângulo formado entre as linhas azul e vermelha corresponde ao ângulo de rotação externa do tornozelo

O ângulo de extensão do tornozelo foi registrado no plano sagital (figura 15). Uma linha no eixo longo da tíbia definiu a linha de referência. Uma segunda linha no eixo longo do tálus definiu o eixo do tornozelo. O ângulo formado entre as duas linhas corresponde ao ângulo de extensão do tornozelo. A mesma

medida foi realizada de forma padronizada nos três testes de TC. A diferença entre o valor do ângulo mensurado no teste índice TCPN e o valor mensurado no teste TCME-JE definiu o grau de extensão do tornozelo no teste TCME-JE. A diferença entre o valor do ângulo mensurado no teste índice TCPN e o valor mensurado no teste TCME-JF definiu o grau de extensão dos tornozelos no teste TCME-JF.

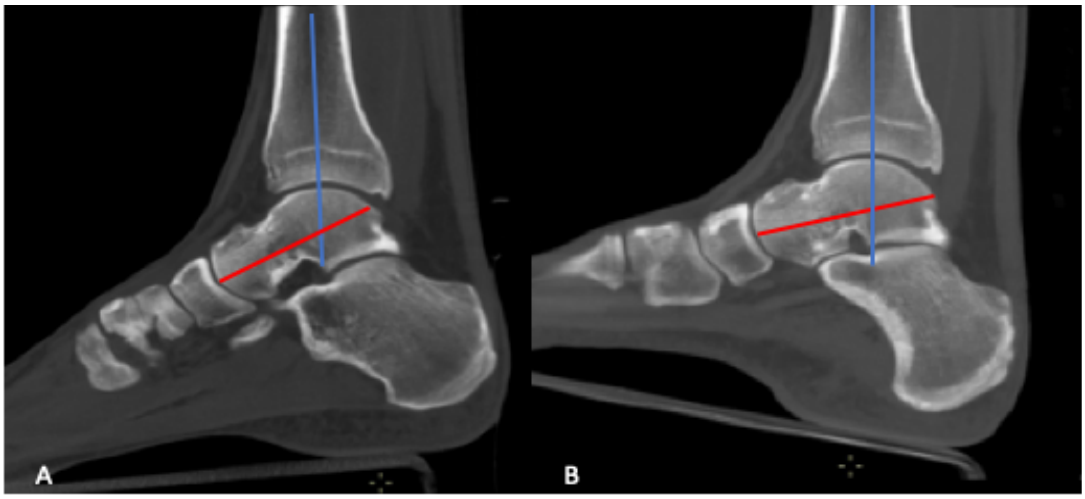


Figura 15 - Imagem A de TC no plano sagital do teste TCPN. Imagem B de TC no plano sagital do teste TCME-JE. Linha do eixo da tíbia (linha azul). Linha do eixo do tálus (linha vermelha). O ângulo formado entre as linhas azul e vermelha corresponde ao ângulo de extensão do tornozelo

Para cálculo do ângulo de flexão do joelho, consideramos que a disposição geométrica da tíbia, do fêmur e da mesa de exame formaram um triângulo isósceles (figura 16).

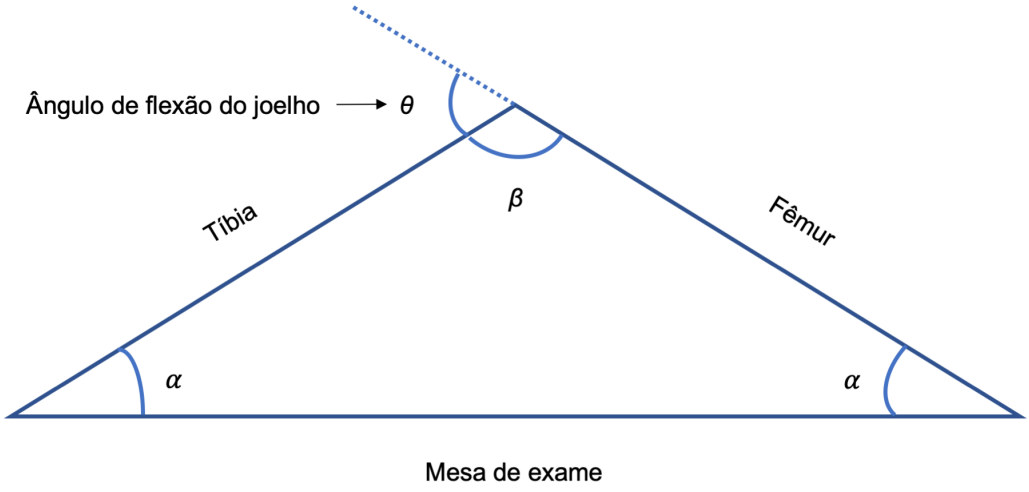


Figura 16 - Desenho esquemático da disposição geométrica da tíbia, fêmur e mesa de exame. Ângulos tíbia-mesa (α), fêmur-mesa (α), fêmur-tíbia (β) e flexão do joelho (θ)

Inicialmente, obtivemos o ângulo de inclinação da tíbia (α) em relação ao eixo da mesa de exame (figura 17). Uma linha paralela ao eixo da mesa de exame definiu a linha de referência. Uma segunda linha no eixo longo da tíbia definiu o eixo da tíbia.

Figura 17 - Imagem de TC no plano sagital do teste TCME-JF. Eixo longo da tíbia (linha vermelha). Linha de referência paralela ao eixo da cama de exame do aparelho (linha azul). O ângulo tíbia-mesa corresponde ao ângulo formado entre as linhas azul e vermelha

Consideramos que o ângulo tíbia-mesa (α) era equivalente ao ângulo fêmur-mesa (α). O ângulo fêmur-tíbia (β) foi obtido através da fórmula 180 - (α + α). O ângulo de flexão do joelho (θ) foi obtido utilizando a fórmula 180 - β.

O ângulo de flexão do joelho foi registrado somente no teste TCME-JF, pois nos testes TCPN e TCME-JE os joelhos estavam em extensão.

4.7.7 Treinamento dos participantes para realização das manobras de estresse

Os pesquisadores orientaram os participantes a treinar a extensão dos tornozelos, simulando o movimento dos pés, puxando as cordas imediatamente antes da aquisição das imagens.

Durante o treinamento das manobras de estresse, os pesquisadores perguntaram aos participantes se eles apresentavam sintomas nos tornozelos, e as queixas relatadas ou desistências foram registradas.

Parâmetros objetivos, como artefatos de movimentação, repetição de imagens e tempo total para a realização do exame, também foram anotados.

4.7.8 Parâmetros de leitura dos testes de TC

Medidas compreendendo seis distâncias, duas razões, uma diferença e dois ângulos avaliaram a relação tibiofibular, examinando os parâmetros de rotação, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia, conforme descrito por Nault et al.[62] (figura 18). Uma linha de referência 1 cm acima da face articular da extremidade distal da tíbia guiou o plano correto para as medições, exceto o segundo ângulo, que ocorreu no plano da face articular da extremidade distal da tíbia. A medida ***a*** corresponde à menor distância entre o ápice do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia e a fíbula, a medida ***b*** à menor distância entre o ápice do tubérculo posterior da incisura fibular da tíbia e a fíbula e a medida ***c*** à menor distância entre a porção central da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A medida ***d*** corresponde à parte da fíbula localizada anteriormente e a medida ***e*** à parte da fíbula posteriormente à linha que representa a bissetriz da incisura fibular da tíbia. A medida ***f*** corresponde à menor distância entre a borda anterior da fíbula e a linha de referência que representa o ápice do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia. ***A1*** corresponde à medida angular do eixo de rotação da fíbula em relação à incisura fibular da tíbia. ***A2*** corresponde à medida angular do eixo de rotação da fíbula em relação ao maléolo medial. A medida adicional ***g***, que corresponde a um parâmetro rotacional, avaliou a menor distância entre a fíbula e a incisura tibial no plano da superfície articular da extremidade distal da tíbia, conforme descrito por Ahn et al.[13]. Todas as medições ocorreram de maneira padronizada nos três testes de TC.

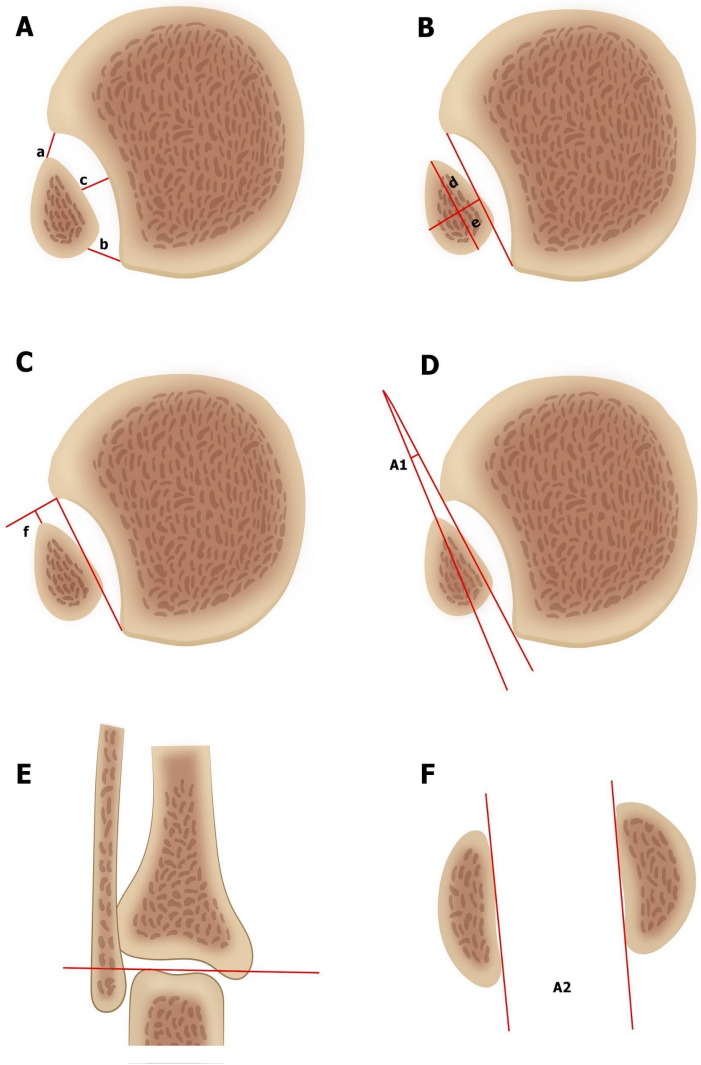


Figura 18 - Figuras A, B, C e D no plano axial localizadas cerca de 1,0 cm acima da interlinha articular tibiotalar. A letra ***a*** corresponde à menor distância entre o ápice do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A letra ***b*** corresponde à menor distância entre o ápice do tubérculo posterior da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A letra ***c*** corresponde à menor distância entre a porção central da incisura fibular da tíbia e a fíbula. A letra ***d*** corresponde à parte da fíbula localizada anteriormente à linha que representa a bissetriz da incisura fibular da tíbia. A letra ***e*** corresponde à parte da fíbula localizada posteriormente à linha que representa a bissetriz da incisura fibular da tíbia. A letra ***f*** corresponde à menor distância entre a borda anterior da fíbula e a linha de referência que representa o ápice do tubérculo anterior da incisura fibular da tíbia. ***A1*** corresponde à medida angular do eixo de rotação da fíbula em relação à incisura fibular da tíbia. A fig. E mostra a referência de localização para realização da medida angular ***A2***. A fig. F mostra a medida angular ***A2*** do eixo de rotação da fíbula em relação ao maléolo medial

4.8 Teste padrão de referência

4.8.1 Parâmetros técnicos do exame de RM

Um protocolo padronizado adquiriu todos os exames de RM dos tornozelos. Os participantes foram examinados com os joelhos em extensão e os tornozelos em posição neutra. Um aparelho de 1,5 T HDX (GE Healthcare, Milwaukee, EUA) com bobina *phase array* dedicada de tornozelo realizou todos os exames utilizando as seguintes sequências e parâmetros técnicos: sagital T1 (TR / TE, 542/9; número de excitações [NEX], 1; matriz, 320 x 256; espessura, 4 mm; campo de visão [FOV], 10 cm); sagital T2 com supressão de gordura (3000/39, 2, 384 x 224, 4, 10); axial T2 com supressão de gordura (3483/48, 2, 384 x 224, 4, 10) e axial T1 (538/12, 1, 384 x 256, 4, 10). Duas sequências específicas otimizadas para sindesmose também foram realizadas: coronal T2 com supressão de gordura (3000/39, 2, 384 x 224, 3, 10) e coronal DP oblíquo (2840/35, 2, 384 x 224, 3, 10).

4.8.2 Justificativa para escolha da RM

O exame artroscópico permite o diagnóstico e o tratamento corretos e é considerado o padrão-ouro para avaliação das lesões da sindesmose[92]. No entanto, os critérios de inclusão deste estudo foram baseados no exame clínico ortopédico, o qual apresenta acurácia diagnóstica limitada[8], e uma proporção significativa de participantes com lesão dos ligamentos colaterais laterais (diagnóstico alternativo) foi incluída para análise. A aplicação da artroscopia seria difícil de justificar eticamente, considerando que os testes de TC e RM mostrariam resultados negativos para lesão da sindesmose no grupo com diagnóstico de lesão dos ligamentos colaterais. Mesmo um procedimento minimamente invasivo, como o exame artroscópico, pode ter complicações e não

é isento de riscos[93,94]. Dois estudos compararam a acurácia diagnóstica da RM com a artroscopia e demonstraram que a RM, embora não seja perfeita, é um instrumento altamente sensível e específico para avaliação das lesões da sindesmose, com valores de acurácia diagnóstica próximos da artroscopia[21,55].

4.8.3 Parâmetros de leitura do exame de RM

Os pesquisadores pré-especificaram categorias de resultados para a RM, classificando os ligamentos da sindesmose (tibiofibular anteroinferior, tibiofibular posteroinferior e interósseo), ligamentos colaterais laterais (talofibular anterior, calcaneofibular e talofibular posterior) e ligamento deltoide (folheto superficial e profundo) como normal (intensidade de sinal habitual e fibras em continuidade), estiramento (edema dos tecidos moles ao redor do ligamento, mas ainda em continuidade), lesão parcial (aumento de sinal e espessamento) ou lesão completa (avulsão ou descontinuidade)[95]. Durante a leitura dos exames de RM, os participantes com achados de alterações fibrocicatriciais nos ligamentos da sindesmose, colaterais laterais ou deltoide foram considerados como fase crônica e excluídos do estudo.

4.9 Cegamento e viés de observação

Cinco grupos de indivíduos foram envolvidos neste estudo: participantes, ortopedistas, radiologistas, assistente de pesquisa e biomédicos. Para evitar o viés de observação, as seguintes ações foram tomadas. Durante os procedimentos realizados, os participantes não foram informados a que grupo eles pertenciam. Os ortopedistas realizaram o exame físico, os radiologistas leram os exames de imagem, a assistente de pesquisa coletou os questionários, e os biomédicos executaram os exames de imagem sem conhecimento dos

achados dos outros exames ou dos resultados das análises dos outros observadores.

4.10 Análise estatística

4.10.1 Análises descritivas

Frequências e porcentagens absolutas descreveram variáveis categóricas. Médias, desvios-padrão, medianas e intervalos interquartis representaram variáveis numéricas de acordo com a distribuição paramétrica ou não paramétrica dos dados, considerando o teste de Shapiro-Wilks.

4.10.2 Análises de inferência sobre acurácia diagnóstica

A curva ROC mostrou a acurácia diagnóstica dos três testes de TC. O índice J de Youden, o qual corresponde à maior distância vertical entre a curva ROC e a linha de chance (diagonal), determinou o teste índice com a maior acurácia diagnóstica. Os testes TCME-JE e TCME-JF foram considerados com maior acurácia diagnóstica se o índice J de Youden fosse mais distante da linha diagonal em comparação ao teste TCPN.

Também calculamos a área sob a curva ROC para cada um dos três testes de TC. O teste DeLong foi utilizado para comparar as curvas ROCs. Os testes TCME-JE e TCME-JF foram considerados com maior acurácia diagnóstica se a área sob a curva fosse maior do que a do teste TCPN.

A partir do índice J de Youden, calculamos o ponto de corte ideal com a maior acurácia diagnóstica para os parâmetros de rotação, translação lateral e translação anteroposterior, em cada um dos três testes de TC, considerando

uma prevalência de lesão da sindesmose estimada em 10% e um custo três vezes maior para um resultado falso-negativo do que para um resultado falso-positivo.

4.10.3 Resultados dos testes de TC inválidos, inconclusivos e ausentes

Neste estudo, poderia ocorrer uma quantidade pequena, incidental e aleatória de testes de TC com resultados inválidos, inconclusivos ou ausentes, não relacionados às características dos participantes ou aos resultados do exame de RM.

Testes de TC com resultados inválidos ou inconclusivos foram considerados não interpretáveis quando a característica crítica do teste estivesse corrompida ou tivesse validade questionável como resultado de um procedimento de baixa qualidade. Resultados dos testes de TC foram considerados ausentes quando um participante incluído no estudo não realizou o teste índice.

Os resultados ausentes foram tratados da mesma maneira que os resultados inválidos ou inconclusivos, e ambos foram relatados separadamente dos resultados válidos. As causas subjacentes foram revisadas, considerando as características do participante e a gravidade da lesão da sindesmose ou dos ligamentos colaterais laterais.

Os pesquisadores incluíram para análise os casos completos com testes de TC e RM válidos. Participantes com testes de TC inválidos, inconclusivos ou ausentes foram excluídos da análise. Uma análise de sensibilidade mediu o impacto desses dados inválidos, inconclusivos ou ausentes. Se, porventura, na análise de caso completa, fossem encontrados resultados enviesados, uma abordagem analítica utilizaria os dados disponíveis para reconstruir os dados

inválidos, inconclusivos ou ausentes por ponderação de probabilidade inversa ou imputações múltiplas.

4.10.4 Resultados do exame de RM inválidos, inconclusivos e ausentes

Neste estudo, poderia ocorrer uma quantidade pequena, incidental e aleatória de exames de RM com resultados inválidos, inconclusivos ou ausentes, não relacionados às características dos participantes ou aos resultados dos testes de TC.

A porcentagem de dados inválidos, inconclusivos ou ausentes foi relatada separadamente dos resultados válidos, incluindo as características dos participantes e os resultados dos testes de TC naqueles com ou sem exame de RM.

Os pesquisadores incluíram para análise os casos completos com testes de TC e RM válidos. Participantes com exame de RM inválido, inconclusivo ou ausente foram excluídos da análise. Uma análise de sensibilidade mediu o impacto desses dados inválidos, inconclusivos ou ausentes. Se, porventura, na análise de caso completa, fossem encontrados resultados enviesados, uma abordagem analítica utilizaria os dados disponíveis para reconstruir os dados inválidos, inconclusivos ou ausentes por ponderação de probabilidade inversa ou imputações múltiplas.

4.10.5 Fontes de variabilidade

A análise de subgrupos dos participantes avaliou a influência das fontes de variabilidade na performance diagnóstica dos testes de TC. A curva ROC e a área sob a curva examinaram a acurácia diagnóstica dos subgrupos. Durante a

fase de planejamento do estudo, os pesquisadores identificaram a gravidade da lesão da sindesmose, as queixas dos participantes durante as manobras de estresse e os graus das manobras de estresse como três possíveis fontes de variabilidade, as quais estão discriminadas a seguir.

A classificação de Sikka et al.[85] definiu a gravidade da lesão da sindesmose de acordo com o número de ligamentos completamente rompidos encontrados no exame de RM. Para classificar a gravidade da lesão da sindesmose, utilizamos a lesão completa como critério porque o estiramento e a lesão parcial, apesar da resiliência ligamentar reduzida, poderiam não ser detectáveis a TC com manobras de estresse. A lesão isolada do ligamento tibiofibular anteroinferior determinou o grau I. A lesão combinada dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo determinou o grau II. A lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior, interósseo e tibiofibular posteroinferior determinou o grau III. A lesão dos três ligamentos da sindesmose adicionados da lesão do deltoide especificou o grau IV. Esperava-se que os testes de TC tivessem maior acurácia diagnóstica nos graus maiores de lesão da sindesmose do que nos graus menores.

Durante o treinamento das manobras de estresse, os pesquisadores perguntaram aos participantes se apresentavam queixas no tornozelo com entorse. As queixas relatadas pelos participantes foram registradas e categorizadas. Os subgrupos que tivessem queixas poderiam ter dificuldade em realizar as manobras de estresse e os resultados de acurácia diagnóstica seriam inferiores em comparação com os resultados do subgrupo assintomático.

O grau de rotação externa e extensão dos tornozelos bem como o grau de semiflexão dos joelhos poderiam influenciar na acurácia diagnóstica dos testes de TC. Esperava-se que os graus menores das manobras de estresse tivessem acurácia diagnóstica inferiores aos graus maiores.

4.10.6 Concordância inter e interobservadores

Dois radiologistas musculoesqueléticos (um com 21 anos de experiência e o outro com 5 anos) leram de forma independente os testes de TC para obtenção da concordância interobservador. Após um intervalo de seis semanas da primeira leitura e utilizando uma ordem aleatória diferente da realizada na primeira leitura, cada observador realizou uma segunda leitura independente dos testes de TC, para obter a concordância intraobservador. O coeficiente de correlação intraclasse verificou a concordância inter e intraobservador considerando os dados numéricos extraídos dos testes de TC.

Após três meses da segunda leitura dos testes de TC, os mesmos dois radiologistas realizaram de forma independente a leitura dos exames de RM para obtenção da concordância interobservador, utilizando uma ordem aleatória diferente da realizada na leitura dos testes de TC. O coeficiente Kappa verificou a concordância interobservador considerando os dados categóricos extraídos dos exames de RM.

Uma segunda leitura em consenso resolveu os casos discordantes para os testes de TC e RM.

Todos os exames foram anonimizados e os dois radiologistas não tinham conhecimento sobre nome, idade ou gênero dos participantes durante as leituras dos testes de TC ou RM.

4.10.7 Cálculo do tamanho da amostra

O cálculo do tamanho da amostra considerou o objetivo primário de acurácia diagnóstica e a análise das fontes de variabilidade que poderiam influenciar nos resultados dos testes de TC.

Um estudo anterior encontrou um desempenho de 0,56 para a área sob a curva em relação à TCPN[13]. Assumindo como hipótese nula que o teste TCPN tem área sob a curva de 0,56, este estudo propõe como hipótese alternativa um novo teste TCME com acurácia diagnóstica superior, estimada em 0,80. O tamanho da amostra necessário para detectar uma diferença entre os testes foi estimado em 39 indivíduos, considerando uma proporção de distribuição de 1:2 entre os grupos (13 indivíduos com o diagnóstico de lesão da sindesmose e 26 com o diagnóstico de lesão dos ligamentos colaterais, respectivamente).

Para a análise do impacto das fontes de variabilidade pré-especificadas no item 4.10.5 (gravidade da lesão da sindesmose, queixas durante a realização das manobras de estresse e graus das manobras de estresse) na performance diagnóstica dos testes de TC, o poder estatístico de 39 participantes seria insuficiente para mostrar diferença entre os subgrupos. Para o cálculo final da amostra, consideramos um aumento de 10 participantes para cada uma das três fontes de variabilidade, alcançando um tamanho amostral total de 69 participantes.

4.10.8 Programa estatístico e limites

O programa *MedCalc Statistical Software*, (*MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium*), versão 19.4.0, realizou as análises com 80% de poder para testar diferenças entre os grupos, nível de significância de 5% e intervalos de confiança de 95%.

5. RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 Características demográficas e clínicas dos participantes

No período compreendido entre fevereiro de 2017 e dezembro de 2020, 164 participantes foram avaliados quanto à elegibilidade. Os participantes inelegíveis ou que se recusaram a participar do estudo foram registrados. No total, 72 participantes assinaram o termo de consentimento e foram inscritos no estudo. Entretanto, um participante que realizou o teste TCME-JF apresentou resultado inválido por erro técnico durante a aquisição das imagens e será apresentado no item 5.8 mais à frente. Dos 72 inscritos no estudo, 69 realizaram o exame de RM. Três participantes não realizaram a RM e serão apresentados no item 5.9. A figura 19 mostra o fluxograma do número de participantes no estudo.

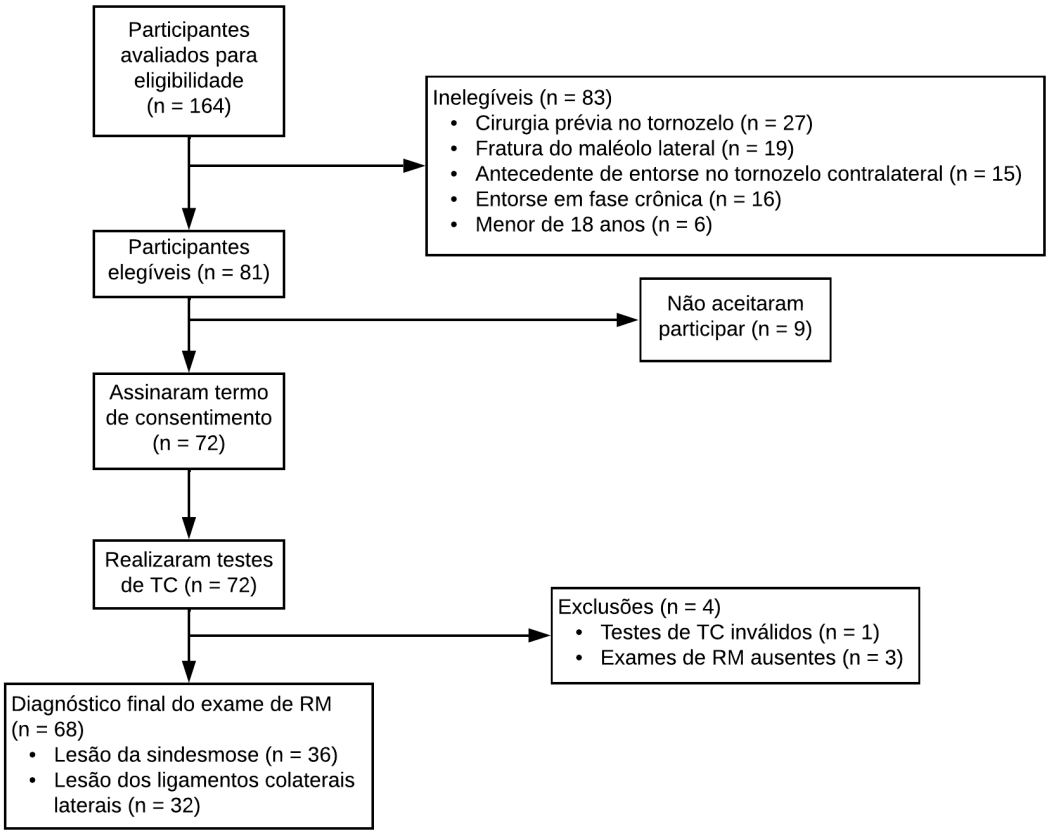


Figura 19 - Estrutura básica do fluxo de participantes durante o estudo, juntamente com o número de participantes em cada fase

A média de idade foi de 36,5 anos e aproximadamente metade dos participantes era do sexo masculino. Cerca de metade dos entorses ocorreu no tornozelo direito. Atividade esportiva foi o motivo mais frequente de entorse correspondendo a 59%. Frequências menores foram encontradas para as demais causas, correspondendo a 18% para caminhada, 16% para queda de escada e 7% para desnível em falha no pavimento. Dor foi o sintoma predominante, correspondendo a 73%, seguido de inchaço em 41% e equimose na face lateral do tornozelo em 34% (tabela 1).

Tabela 1 - Características clínico-demográficas

Características dos 68 participantes	Valor
Idade, média (mín-máx)	36,5 anos (18-69)
Homens, n (%)	37 (54)
Tornozelo direito, n (%)	37 (54)
Atividade esportiva, n (%)	40 (59)
Caminhada, n (%)	12 (18)
Queda de escada, n (%)	11 (16)
Desnível em falha no pavimento, n (%)	5 (7)
Dor, n (%)	50 (73)
Inchaço, n (%)	28 (41)
Equimose, n (%)	23 (34)

A figura 20 mostra a apresentação clínica mais comum.

Figura 20 - Imagem A mostra inchaço (seta amarela) na região do maléolo lateral e equimose (seta vermelha) na face inferolateral do tornozelo direito. Imagem B mostra equimose (seta vermelha) na face inferolateral do tornozelo direito do mesmo participante.

5.2 Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão da sindesmose

O exame de RM diagnosticou 36 participantes com lesão da sindesmose e o achado mais frequente foi lesão completa dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo e lesão parcial do tibiofibular posteroinferior correspondendo a 41,7%, seguido por lesão completa dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo e estiramento do tibiofibular posteroinferior correspondendo a 30,6%. Frequências menores foram encontradas nas demais categorias correspondendo a 2,8% para cada uma delas. A tabela 2 mostra em detalhes a frequência e a classificação do grau de lesão ligamentar (estiramento, lesão parcial ou lesão completa) para cada categoria.

Tabela 2 - Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão da sindesmose

Distribuição da lesão ligamentar	n (%)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO e lesão parcial do TFPI	15 (41,7)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO e estiramento do TFPI	11 (30,6)
Lesão completa dos ligamentos TFAI, IO e TFPI, lesão completa do FSD, lesão parcial do FPD	1 (2,8)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO, estiramento do TFPI, estiramento do FSD, lesão parcial do FPD	1 (2,8)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO, lesão parcial do TFPI, lesão parcial do FSD e FPD	1 (2,8)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO, estiramento do TFPI, lesão parcial do FSD	1 (2,8)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO, lesão parcial do TFPI, lesão parcial do FPD	1 (2,8)
Lesão completa dos ligamentos TFAI e IO, lesão parcial do TFPI, estiramento do FSD	1 (2,8)
Lesão completa do ligamento TFAI, parcial do IO, estiramento do TFPI, estiramento do FPD	1 (2,8)
Lesão completa do ligamento TFAI e parcial do IO	1 (2,8)
Lesão completa do ligamento TFAI e estiramento do IO	1 (2,8)
Lesão completa do ligamento TFAI	1 (2,8)

TFAI: ligamento tibiofibular anteroinferior. IO: ligamento interósseo. TFPI: ligamento tibiofibular posteroinferior. FPD folheto profundo do ligamento deltoide. FSD: folheto superficial do ligamento deltoide.

5.3 Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão dos ligamentos colaterais laterais

O exame de RM diagnosticou 32 participantes com lesão dos ligamentos colaterais laterais e o achado mais frequente foi de estiramento do ligamento talofibular anterior, correspondendo a 21,9%, seguido por lesão completa do ligamento talofibular anterior, lesão parcial do ligamento calcaneofibular e lesão parcial do folheto superficial do ligamento deltoide, correspondendo a 15,7%. Frequências menores foram encontradas para as demais categorias. A tabela 3 mostra em detalhes a frequência e a classificação do grau de lesão ligamentar (estiramento, lesão parcial ou lesão completa) para cada categoria.

Tabela 3 - Distribuição da lesão ligamentar no grupo com lesão dos ligamentos colaterais laterais

Distribuição da lesão ligamentar	n (%)
Estiramento do TFA	7 (21,9)
Lesão completa do ligamento TFA, parcial do CF e FSD	5 (15,7)
Lesão completa dos ligamentos TFA e CF, parcial do FSD	3 (9,4)
Lesão completa do ligamento TFA, parcial do CF e estiramento do FSD	3 (9,4)
Lesão completa do TFA e parcial do CF	3 (9,4)
Lesão completa dos ligamentos TFA e CF, estiramento do TFP e parcial do FPD	2 (6,2)
Lesão parcial do TFA	2 (6,2)
Lesão completa dos ligamentos TFA e CF, parcial do TFP e FPD	1 (3,1)
Lesão completa dos ligamentos TFA e CF, parcial do FSD e FPD	1 (3,1)
Lesão completa do ligamento TFA, parcial do CF, estiramento do FSD e parcial FPD	1 (3,1)
Lesão parcial do ligamento TFA, estiramento do CF e parcial do FSD	1 (3,1)
Lesão completa do TFA e estiramento do CF	1 (3,1)
Lesão parcial do TFA e estiramento do CF	1 (3,1)
Estiramento do TFA e CF	1 (3,1)

TFA: ligamento talofibular anterior. CF: ligamento calcaneofibular. TFP: ligamento talofibular posterior. FPD: folheto profundo do ligamento deltoide. FSD: folheto superficial do ligamento deltoide.

5.4 Intervalo de tempo e intervenções clínicas entre os testes de TC e RM

O intervalo de tempo médio entre a realização dos testes de TC e RM foi de 12 dias (tempo mínimo de 0 e máximo de 20 dias). Dos 68 participantes incluídos no estudo, 80% ficaram imobilizados com bota (*robot-foot*) ou gesso e 42% fizeram uso de bengala ou muleta durante o intervalo de tempo entre os exames de imagem. Nenhum dos participantes foi submetido à intervenção cirúrgica nesse intervalo de tempo.

5.5 Treinamento dos participantes para realização das manobras de estresse

As queixas relatadas pelos participantes durante as manobras de estresse foram categorizadas em três subgrupos: assintomático, desconforto e dor. Os três subgrupos tiveram frequências semelhantes correspondendo a aproximadamente um terço para cada uma delas (tabela 4).

Em 16,2% dos exames, ocorreram artefatos de movimentação com a necessidade de nova orientação verbal, retreinamento das manobras de estresse e repetição das imagens (tabela 4).

O tempo médio para realização dos exames foi calculado em 24,7 min (tabela 4).

Tabela 4 - Queixas dos participantes durante as manobras de estresse, artefatos de movimentação, repetição das imagens e tempo de duração do exame

Variável observada	Valor
Assintomático, n (%)	22 (32,4)
Desconforto, n (%)	24 (35,3)
Dor, n (%)	22 (32,4)
Desistências, n (%)	0 (0)
Artefatos de movimentação com repetição das imagens, n (%)	11 (16,2)
Tempo médio, (mín-máx)	24,7 min (17-34)

Mín: mínimo. Máx: máximo.

5.6 Parâmetros de leitura dos testes de TC

Todos as mensurações dos parâmetros de rotação, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia ocorreram de maneira padronizada nos três testes de TC, conforme descrito no item 4.5.7. As seis distâncias (***a, b, c, d, e, f***), as duas razões (***a/b, d/e***), a diferença (***b-a***) e os dois ângulos (***A1, A2***) foram realizados de acordo com Nault et al.[62]. A distância ***g*** foi realizada de acordo com Ahn et al.[13]. A média, o desvio-padrão, os valores mínimos e máximos e a diferença (***dif***) das médias entre as medidas do tornozelo com entorse e do contralateral saudável do mesmo indivíduo, para cada um dos testes de TC, são apresentados nas tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 - Valores dos parâmetros rotacionais, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia nos tornozelos com lesão da sindesmose, lesão dos ligamentos colaterais e contralateral saudável na tomografia em posição neutra

	Tomografia computadorizada em posição neutra					
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
	Parâmetros rotacionais Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)					
a (mm)	2,5 ± 0,9 (1,1; 4,4)	2,2 ± 0,9 (1,1; 3,9)	0,3 ± 0,5 (-0,8; 1,5)	2,1 ± 0,8 (0,6; 3,9)	2,0 ± 0,7 (0,6; 3,6)	0,1 ± 0,3 (-1,0; 0,7)
b (mm)	5,5 ± 1,2 (3,5; 8,7)	5,3 ± 1,2 (2,9; 7,6)	0,2 ± 0,7 (-1,1; 1,9)	4,6 ± 0,9 (2,1; 6,3)	4,8 ± 0,9 (2,2; 6,4)	-0,2 ± 0,5 (-1,5; 0,9)
a/b Razão	0,4 ± 0,1 (0,1; 0,6)	0,4 ± 0,1 (0,2; 0,8)	0,0 ± 0,1 (-0,2; 0,2)	0,5 ± 0,2 (0,1 ; 0,8)	0,4 ± 0,2 (0,1; 0,8)	0,1 ± 0,1 (-0,3; 0,2)
b-a Dif. (mm)	3,1 ± 1,1 (1,2; 5,7)	3,2 ± 1,0 (0,7; 5,2)	-0,1 ± 0,9 (-1,7; 2,1)	2,4 ± 0,8 (0,6; 3,9)	2,7 ± 0,9 (0,4; 4,5)	-0,3 ± 0,6 (-1,4; 1,0)
A1 (grau)	-12,2 ± 6,4 (-24,5; -2,5)	-11,9 ± 7,6 (-31,9; 1,3)	-0,3 ± 5,2 (-15,5; 11,4)	-8,9 ± 6,9 (-16,4; 20,4)	-9,9 ± 4,7 (-18,3 ; 0)	1,0 ± 7,6 (-8,6; 37,7)

continua

continuação

A2 (grau)	5,4 ± 4,5 (-3,8; 15,8)	5,9 ± 4,6 (-3,2; 15,6)	-0,5 ± 2,7 (-6,0; 5,6)	4,5 ± 4,3 (-6,2; 15,0)	4,7 ± 3,7 (-3,9; 11,8)	-0,2 ± 3,0 (-8,5; 5,2)
Tomografia computadorizada em posição neutra						
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
Parâmetros rotacionais Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)						
g (mm)	1,8 ± 0,8 (0,6; 4,2)	1,5 ± 0,6 (0,5; 3,1)	0,3 ± 0,8 (-1,0; 2,8)	1,2 ± 0,6 (0,5; 2,9)	1,2 ± 0,6 (0,5; 3,1)	0,0 ± 0,3 (-0,9; 0,9)
Parâmetro translação lateral						
c (mm)	3,2 ± 0,7 (1,8; 5,1)	2,9 ± 0,7 (1,4; 4,7)	0,3 ± 0,6 (-0,9; 1,5)	2,9 ± 0,8. (1,6; 5,6)	2,7 ± 1,0 (0,8; 5,3)	0,2 ± 0,5 (-0,9; 1,7)
Parâmetros translação anteroposterior						
d (mm)	10,7 ± 1,3 (8,0; 13,6)	10,5 ± 1,4 (8,0; 13,1)	0,2 ± 1,1 (-1,8; 2,7)	10,6 ± 1,5 (7,1; 13,5)	10,8 ± 1,5 (7,4; 14,2)	-0,2 ± 0,9 (-1,8; 1,8)
e (mm)	7,6 ± 1,6 (4,9; 12,9)	7,5 ± 1,2 (4,2; 10,0)	0,1 ± 1,7 (-3,0; 6,7)	7,2 ± 1,2 (4,5; 10,7)	6,9 ± 1,2 (4,9; 9,6)	0,3 ± 1,0 (-1,7; 2,6)
d/e razão	1,4 ± 0,3 (0,8;2,5)	1,4 ± 0,3 (0,8;2,8)	0,0 ± 0,4 (-0,8; 1,2)	1,5 ± 0,4 (1,0; 2,8)	1,6 ± 0,4 (1,0; 2,7)	-0,1 ± 0,3 (-1,1; 0,7)
f (mm)	0,5 ± 1,2 (-3,8; 2,3)	0,4 ± 0,9 (-1,3; 2,6)	0,1 ± 0,8 (-2,8; 1,4)	0,4 ± 1,1 (-1,9; 2,8)	0,3 ± 1,2 (-2,3; 3,8)	0,1 ± 0,6 (-1,2; 1,3)

Les. da sind.: lesão da sindesmose. Tor contral. saudável: tornozelo contralateral saudável. Dif 1: diferença das médias entre as medidas do tornozelo com lesão da sindesmose e o contralateral saudável do mesmo indivíduo. Les. lig. col.: lesão dos ligamentos colaterais laterais. Dif 2: diferença das médias entre as medidas do tornozelo com diagnóstico alternativo e o contralateral saudável do mesmo indivíduo.

Tabela 6 - Valores dos parâmetros rotacionais, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia nos tornozelos com lesão da sindesmose, lesão dos ligamentos colaterais e contralateral saudável na tomografia com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em extensão

Tomografia computadorizada com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em extensão						
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
	Parâmetros rotacionais Média ± desvio-padrão (valor min e máximo)					
a (mm)	4,0 ± 1,1	2,4 ± 0,7	1,6 ± 0,8	2,3 ± 0,6	2,2 ± 0,63	0,1 ± 0,4
	(2,2; 6,6)	(1,0; 4,2)	(0,1; 3,5)	(1,0; 3,6)	(1,3; 3,5)	(-1,0; 0,9)
b (mm)	5,0 ± 1,1	5,1 ± 1,0	-0,1 ± 0,7	4,3 ± 0,8	4,5 ± 0,6	-0,2 ± 0,4
	(2,8; 6,9)	(3,2; 7,2)	(-2,1; 1,3)	(2,4; 5,9)	(3,3; 5,8)	(-1,2; 0,7)
a/b Razão	0,8 ± 0,3	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,0 ± 0,1
	(0,4; 2,0)	(0,1; 0,8)	(0,0; 1,5)	(0,2; 1,0)	(0,2; 0,8)	(-0,1; 0,3)
b-a Dif. (mm)	0,9 ± 1,3	2,7 ± 1,0	-1,8 ± 1,3	1,9 ± 0,8	2,2 ± 0,7	-0,3 ± 0,6
	(-2,9; 3,3)	(0,5; 5,3)	(-5,6; 0,3)	(-0,1; 3,8)	(0,6; 3,9)	(-1,6; 1,0)
A1 (grau)	-9,8 ± 6,7	-13,6 ± 7,5	3,8 ± 5,6	-10,8 ± 4,7	-10,9 ± 5,2	0,1 ± 2,3
	(-25,0; 2,4)	(-32,5; 0,0)	(-7,7; 19,9)	(-22,0; -4,7)	(-22,6; -2)	(-4,7 ; 6,0)

continua

continuação

A2 (grau)	8,6 ± 4,2 (0,7; 19,0)	5,3 ± 4,5 (-3,9; 13,4)	3,3 ± 4,5 (-2,0; 20,9)	4,9 ± 4,0 (0,0; 12,6)	4,4 ± 4,4 (-3,8; 16,4)	0,5 ± 3,1 (-6,2; 7,9)
Tomografia computadorizada com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em extensão						
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
Parâmetros rotacionais Média ± desvio-padrão (valor min e máximo)						
g (mm)	3,1 ± 1,1 (1,0; 7,0)	1,7 ± 0,6 (0,5; 3,4)	1,4 ± 1,0 (0,0; 5,7)	1,4 ± 0,6 (0,6; 3,0)	1,4 ± 0,6 (0,5; 3,1)	0,0 ± 0,4 (-1,0; 0,8)
Parâmetro translação lateral						
c (mm)	3,6 ± 0,8 (2,0; 6,2)	3,0 ± 0,6 (1,5; 4,1)	0,6 ± 0,8 (-0,7; 3,9)	2,8 ± 0,9 (0,8; 5,0)	2,6 ± 0,8 (0,8; 4,6)	0,2 ± 0,4 (-1,3; 1,2)
Parâmetros translação anteroposterior						
d (mm)	9,7 ± 1,3 (7,4; 12,5)	10,5 ± 1,3 (7,0; 13,7)	-0,8 ± 1,2 (-3,2; 2,1)	10,8 ± 1,9 (6,5; 14,9)	10,6 ± 1,7 (6,3; 14,0)	0,2 ± 0,9 (-2,0 ; 1,9)
e (mm)	8,8 ± 1,5 (5,6; 11,5)	8,0 ± 1,4 (4,6; 10,0)	0,8 ± 1,4 (-2,0; 4,5)	7,7 ± 1,4 (4; 10,5)	7,7 ± 1,2 (5,5; 11,0)	0,0 ± 0,9 (-2,4 ; 2,0)

continua

continuação

d/e razão	1,1 ± 0,2 (0,6; 1,6)	1,3 ± 0,3 (0,7; 2,6)	-0,2 ± 0,3 (-0,9; 0,4)	1,4 ± 0,5 (0,8; 3,7)	1,4 ± 0,3 (0,7; 2,1)	0,0 ± 0,3 (-0,4; 1,5)
f (mm)	1,9 ± 1,3 (-1,3; 4,7)	0,9 ± 1,1 (-1,4; 3,1)	1,0 ± 1,1 (-1,9; 3,3)	0,8 ± 1,2 (-2,4; 4,1)	0,7 ± 1,2 (-1,4; 3,8)	0,1 ± 0,7 (-2,1; 1,3)

Les. da sind.: lesão da sindesmose. Tor contral. saudável: tornozelo contralateral saudável. Dif 1: diferença das médias entre as medidas do tornozelo com lesão da sindesmose e o contralateral saudável do mesmo indivíduo. Les. lig. col.: lesão dos ligamentos colaterais laterais. Dif 2: diferença das médias entre as medidas do tornozelo com diagnóstico alternativo e o contralateral saudável do mesmo indivíduo.

Tabela 7 - Valores dos parâmetros rotacionais, translação lateral e translação anteroposterior da fíbula em relação à tíbia nos tornozelos com lesão da sindesmose, lesão dos ligamentos colaterais laterais e contralateral saudável na tomografia com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em semiflexão

Tomografia computadorizada com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em semiflexão						
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
	Parâmetros rotacionais Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)					
a (mm)	4,4 ± 1,2 (2,6; 7,3)	2,6 ± 0,8 (1,3; 4,7)	1,8 ± 1,1 (-1,5; 4,6)	2,4 ± 0,6 (0,7; 3,8)	2,4 ± 0,6 (0,9; 3,9)	0,0 ± 0,3 (-1,0; 0,6)
b (mm)	4,9 ± 1,3 (2,0; 7,6)	5,1 ± 0,9 (2,7; 7,0)	-0,2 ± 0,9 (-2,8; 1,5)	4,3 ± 0,8 (1,9; 5,6	4,4 ± 0,6 (3,2; 6,0)	-0,1 ± 0,6 (-1,5; 1,8)
a/b Razão	0,9 ± 0,5 (0,4; 3,2)	0,5 ± 0,1 (0,2; 0,9)	0,4 ± 0,5 (0,0; 2,7)	0,5 ± 0,1 (0,1; 1,0)	0,5 ± 0,1 (0,1 ;0,8)	0,0 ± 0,1 (-0,1; 0,3)
b-a Dif. (mm)	0,4 ± 1,7, (-4,5; 3,4)	2,5 ± 0,9 (0,1; 4,2)	-2,1 ± 1,5 (-6,7; 0,3)	1,9 ± 0,8 (-0,1; 3,6)	2,0 ± 0,7 (0,4; 3,8	-0,1 ± 0,5 (-1,3; 1,5)
A1 (grau)	-8,7 ± 7,5 (-31,0; 5,1)	-11,1 ± 7,2 (-32,7; 3,5)	2,4 ± 5,6 (-11,5; 15,2)	-9,7 ± 5,7 (-24,2; 8,2)	-10,4 ± 5,4 (-24,8; -2,9)	0,7 ± 3,7 (-6,9; 14,2)

continua

continuação

Tomografia computadorizada com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em semiflexão						
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
	Parâmetros rotacionais Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)					
A2 (grau)	9,1 ± 4,6 (0,8; 17,7)	5,6 ± 5,1 (-3,9; 15,5)	3,5 ± 4,7 (-5,6; 13,0)	4,9 ± 4,4 (-1,8; 16,0)	4,1 ± 4,1 (-6,5; 11,0)	0,8 ± 4,1 (-7,2; 12,4)
g (mm)	3,6 ± 1,2 (1,3; 7,0)	1,9 ± 0,7 (0,6; 3,5)	1,7 ± 1,1 (0,0; 5,9)	1,5 ± 0,6 (0,7; 3,1)	1,4 ± 0,6 (0,7; 3,6)	0,1 ± 0,41 (-0,9; 0,7)
	Parâmetro translação lateral					
c (mm)	3,9 ± 0,9 (2,8; 6,1)	3,0 ± 0,6 (1,8; 4,5)	0,9 ± 0,8 (-0,7; 3,5)	2,8 ± 0,9 (1,1; 4,9)	2,7 ± 0,8 (1,1; 5,1)	0,1 ± 0,5 (-1,0; 1,2)
	Parâmetros translação anteroposterior					
d (mm)	8,8 ± 2,3 (0,9; 12,0)	9,7 ± 2,9 (0,8; 12,6)	-0,9 ± 2,1 (-3,5; 9,7)	10,4 ± 1,6 (6,0; 14,2)	10,3 ± 1,6 (6,7; 13,7)	0,1 ± 1,0 (-2,2; 2,2)

continua

continuação

Tomografia computadorizada com manobras de estresse dos tornozelos – joelhos em semiflexão						
	Les. da sind.	Tor. contral. saudável	Dif. 1	Les. lig. col.	Tor. contral. saudável	Dif. 2
	Parâmetros translação anteroposterior Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)					
e (mm)	8,5 ± 2,9 (0,7; 12,8)	7,4 ± 2,3 (0,8; 10,1)	1,1 ± 1,3 (-1,2; 4,5)	7,9 ± 1,4 (4,8; 11,3)	7,8 ± 1,3 (4,5; 10,2)	0,1 ± 1,0 (-2,6; 1,7)
d/e razão	1,4 ± 2,4 (0,5; 15,1)	1,3 ± 0,2 (0,8; 2,0)	0,1 ± 2,4 (-0,7; 14,0)	1,3 ± 0,3 (0,6; 2,9)	1,3 ± 0,4 (0,7; 3,0)	0,0 ± 0,2 (-0,8; 0,5)
f (mm)	2,3 ± 1,2 (0,0; 5,5)	1,1 ± 1,1 (-1,2; 4,3)	1,2 ± 1,2 (-0,9; 4,0)	1,3 ± 2,2 (-2,1; 11,6)	0,9 ± 1,0 (-1,3; 3,3)	0,4 ± 1,9 (-1,2; 10,7)

Les. da sind.: lesão da sindesmose. Tor contral. saudável: tornozelo contralateral saudável. Dif 1: diferença das médias entre as medidas do tornozelo com lesão da sindesmose e o contralateral saudável do mesmo indivíduo. Les. lig. col.: lesão dos ligamentos colaterais laterais. Dif 2: diferença das médias entre as medidas do tornozelo com diagnóstico alternativo e o contralateral saudável do mesmo indivíduo.

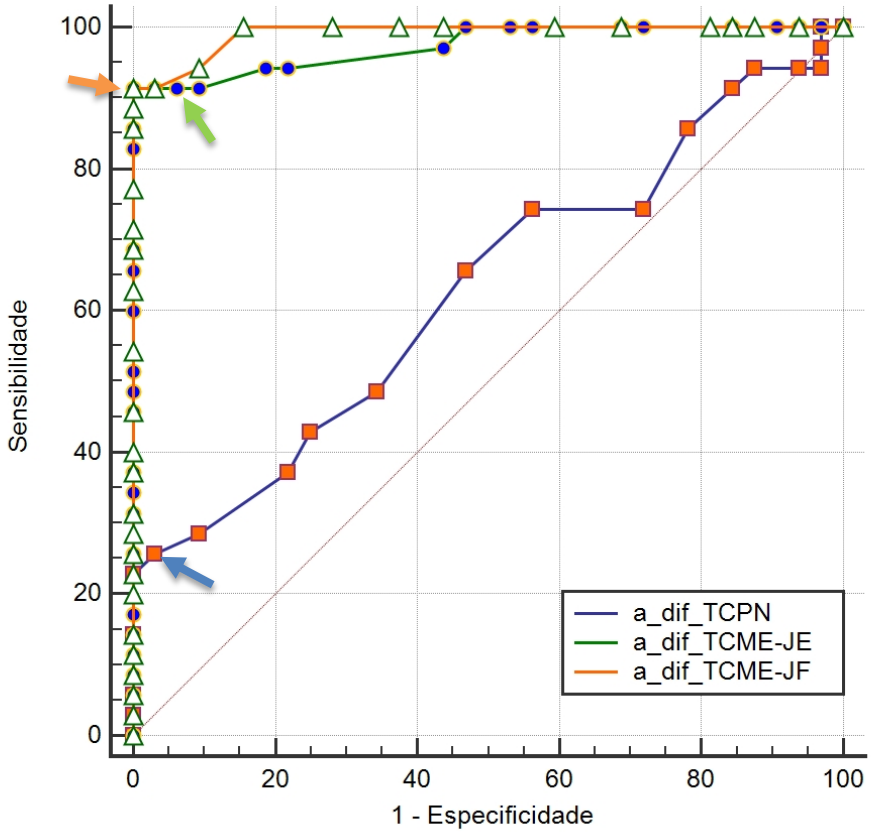
5.7 Estimativas de acurácia diagnóstica

Escolhemos para análise uma medida mais representativa de cada um dos parâmetros de rotação, translação lateral e translação anteroposterior, pois observamos que as demais medidas propostas por Nault[62] e Ahn[13] eram repetitivas e não apresentavam informações adicionais. Escolhemos a distância ***a_dif*** como medida indireta de rotação, a distância ***c_dif*** para representar a translação lateral e a distância ***f_dif*** para a translação anteroposterior. As curvas ROCs para as demais distâncias ***(b_dif, g_dif, d_dif)***, razões ***(a/b_dif, d/e_dif)***, diferença ***(b-a_dif)*** e ângulos ***(A1_dif, A2_dif)*** estão demonstradas nos **anexos D, E, F, G, H, I, J, K**.

5.7.1 Parâmetro rotacional (*a_dif*)

Nos gráficos das curvas TCME-JE e TCME-JF, os índices J de Youden estão mais distantes da linha diagonal, indicando valores superiores de acurácia diagnóstica em comparação à TCPN para a medida ***a_dif*** (gráfico 1).

Gráfico 1 - Curvas ROCs para o parâmetro rotacional ***a_dif*** nos testes de TC



TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. Índice J de Youden: TCPN (seta azul), TCME-JE (seta verde) e TCME-JF (seta laranja).

Os testes TCME-JE e TCME-JF apresentaram melhor acurácia diagnóstica com valores de área sob a curva maiores que o teste TCPN para a medida ***a_dif*** (tabela 8).

Tabela 8 - Comparação de áreas sob as curvas ROCs – ***a_dif***

Testes	ASC	95% de IC
a_dif_TCPN	0,62	de 0,50 a 0,74
a_dif_TCME-JE	0,97	de 0,90 a 0,99
a_dif_TCME-JF	0,99	de 0,93 a 1,00

TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. ASC: área sob a curva. IC: intervalo de confiança

Na comparação entre pares de curvas ROCs dos testes TCPN e TCME-JE, a diferença entre áreas foi significativa para a medida ***a_dif***. A diferença entre áreas dos testes TCPN e TCME-JF também foi significativa. Não houve diferença significativa entre áreas dos testes TCME-JE e TCME-JF para essa amostra de 68 participantes, porém o objetivo e o cálculo amostral deste estudo não foram desenhados para testar essa diferença (tabela 9).

Tabela 9 - Diferença de área entre pares de curvas ROC – ***a_dif***

TC posição neutra versus TC joelho extensão	
Diferença entre áreas	0,34
Erro padrão [a]	0,06
95% de intervalo de confiança	de 0,21 a 0,47
Estatística z	5,33
Nível de significância	P < 0,001
TC posição neutra versus TC joelho semiflexão	
Diferença entre áreas	0,36
Erro padrão [a]	0,06
95% de intervalo de confiança	de 0,23 a 0,49
Estatística z	5,37
Nível de significância	P < 0,001
TC joelho extensão versus TC joelho semiflexão	
Diferença entre áreas	0,01
Erro padrão [a]	0,01
95% de intervalo de confiança	de -0,01 a 0,04
Estatística z	1,05
Nível de significância	P = 0,29

[a] DeLong.

No cálculo do ponto de corte ideal para a medida ***a_dif***, os testes TCME-JE e TCME-JF apresentaram valores de sensibilidade maiores que o teste TCPN. Os testes TCPN e TCME-JE apresentaram valor preditivo positivo

intermediário, porém ambos com intervalo de confiança amplo, não permitindo fazer inferências sobre qual deles teve o melhor desempenho. O teste TCME-JF apresentou valor preditivo positivo perfeito e com intervalo de confiança estreito, permitindo inferir que teve maior desempenho que o teste TCPN. A especificidade e o valor preditivo negativo permaneceram altos para os três testes de TC (tabela 10).

Tabela 10 - Ponto de corte ideal – ***a_dif***

Medida ***a_dif***	**TCPN**	**TCME-JE**	**TCME-JF**
Ponto de corte ideal* (mm)	0,7	1,0	1,0
Sensibilidade	25,0	83,3	85,7
(IC 95%)	(12,1 à 42,2)	(67,2 à 93,6)	(69,7 à 95,2)
Especificidade	96,9	96,9	100
(IC 95%)	(84,2 à 99,9)	(84,2 à 99,9)	(89,4 à 100)
VPP	47,8	75,3	100
(IC 95%)	(10,9 à 87,3)	(30,6 à 95,5)	(88,3 à 100)
VPN	92,1	98,1	98,4
(IC 95%)	(90,5 à 93,4)	(96,2 à 99,1)	(96,5 a 99,3)

*Considerando a prevalência da doença em 10% e custos estimados do resultado falso-positivo de 1, falso-negativo de 3, verdadeiro-positivo de 0 e verdadeiro-negativo de 0. IC: intervalo de confiança. VPP: valor preditivo positivo. VPN: valor preditivo negativo.

Ao aplicar o ponto de corte ideal de 0,7 mm para o teste TCPN, encontramos 26 resultados falso-negativos e 3 falso-positivos, exemplos os quais estão demonstrados nas figuras 21 e 22, respectivamente.

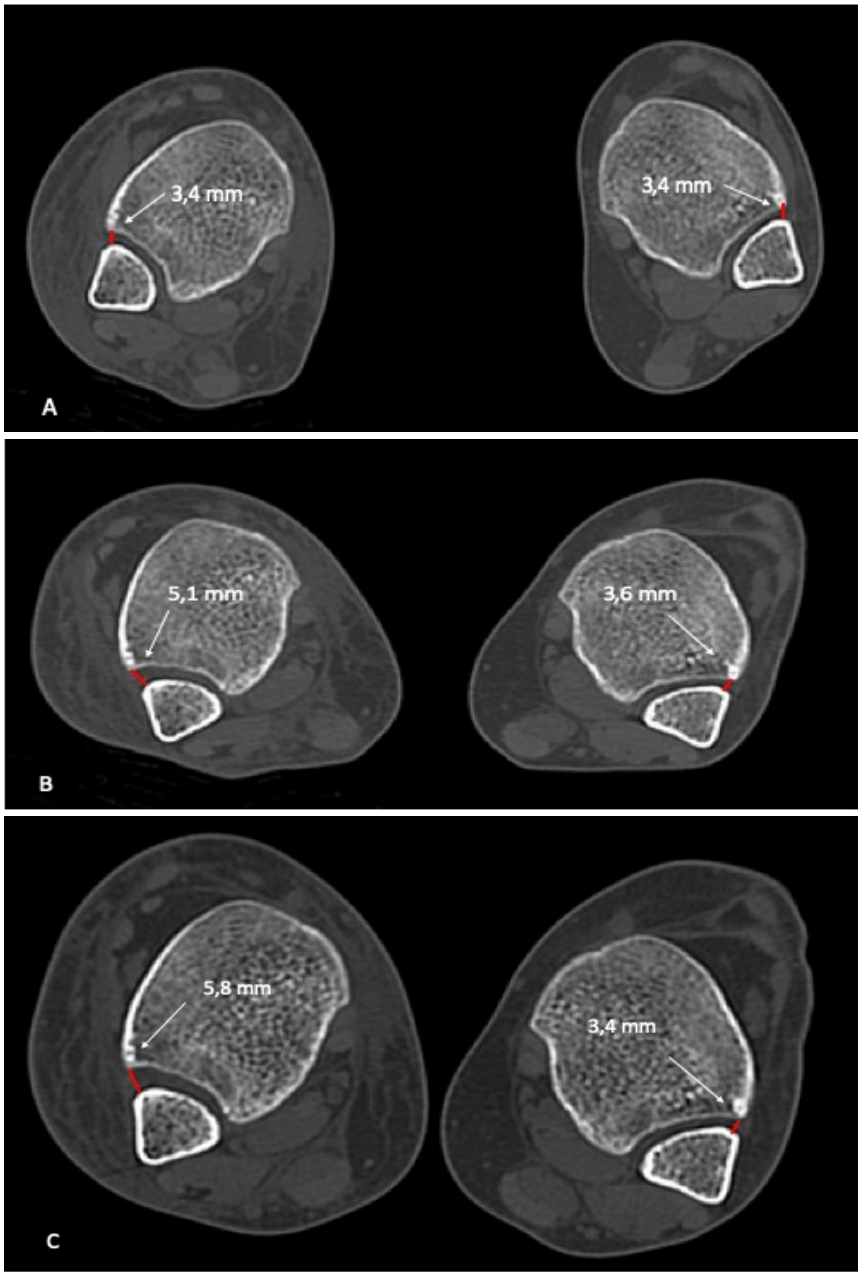


Figura 21 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado direito com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-negativo para o teste TCPN com diferença igual a zero. Imagens B e C mostram resultados verdadeiro-positivos para os testes TCME-JE e TCME-JF com diferenças maiores que 1,0 mm

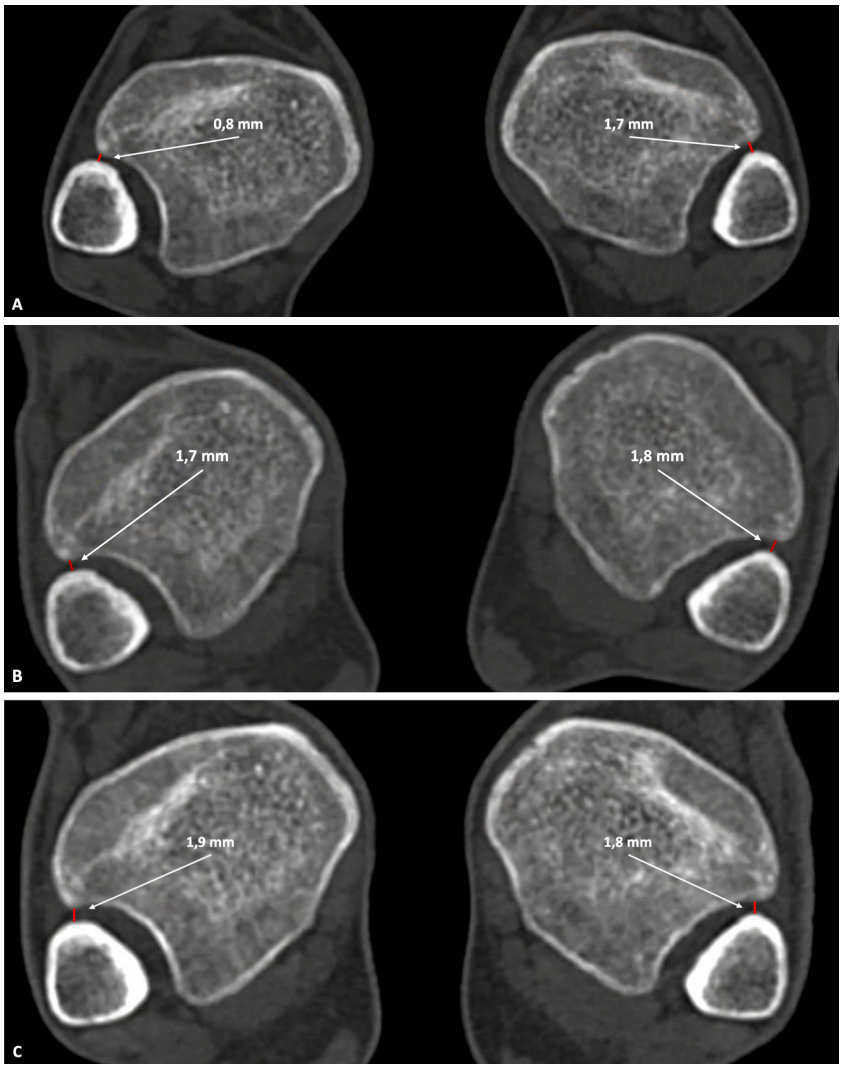


Figura 22 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado esquerdo com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-positivo para o teste TCPN com diferença maior que 0,7 mm. Imagens B e C mostram resultados verdadeiro-negativos para os testes TCME-JE e TCME-JF com diferenças menores que 1,0 mm

Ao aplicar o ponto de corte ideal de 1,0 mm para o teste TCME-JE, encontramos 4 resultados falso-negativos e 2 falso-positivos, exemplos os quais estão demonstrados nas figuras 23 e 24, respectivamente.

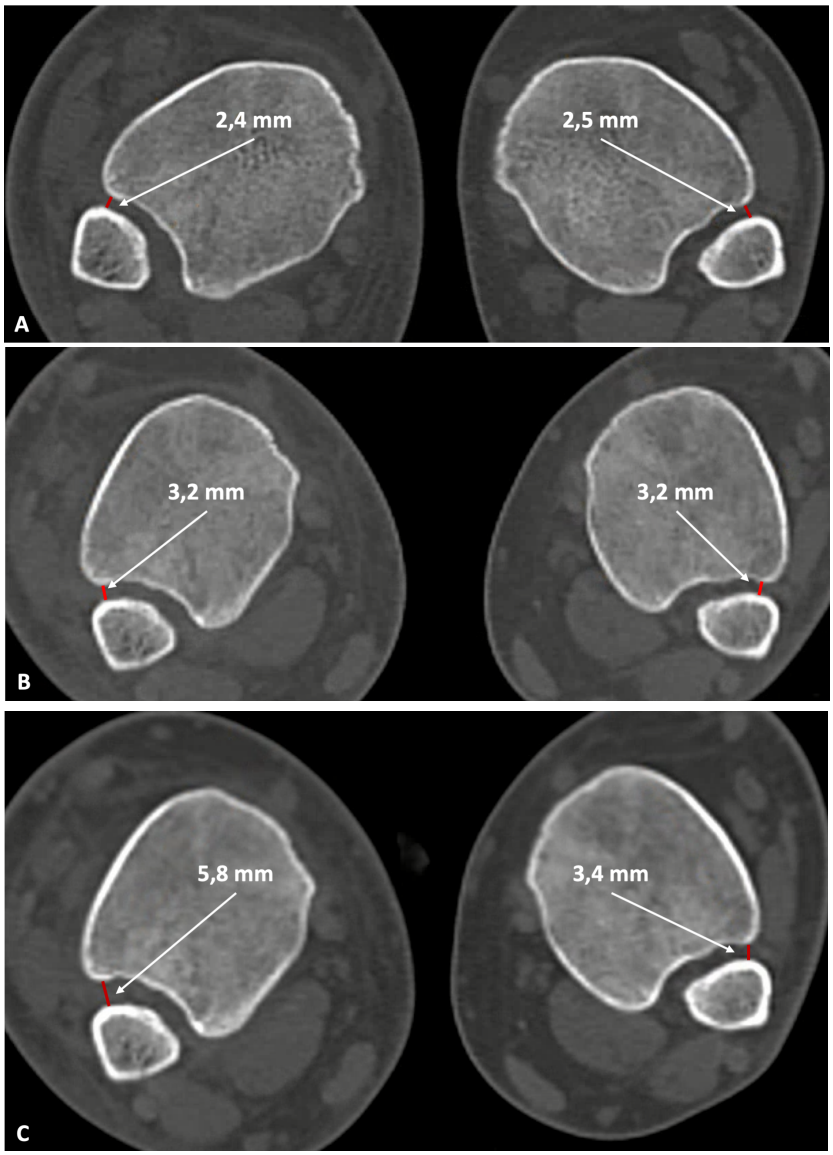


Figura 23 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado direito com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-negativo para o teste TCPN com diferença menor que 0,7 mm. Imagem B mostra um resultado falso-negativo para o teste TCME-JE com diferença igual a zero. Imagem C mostra um resultado verdadeiro-positivo para o teste TCME-JF com diferença maior que 1,0

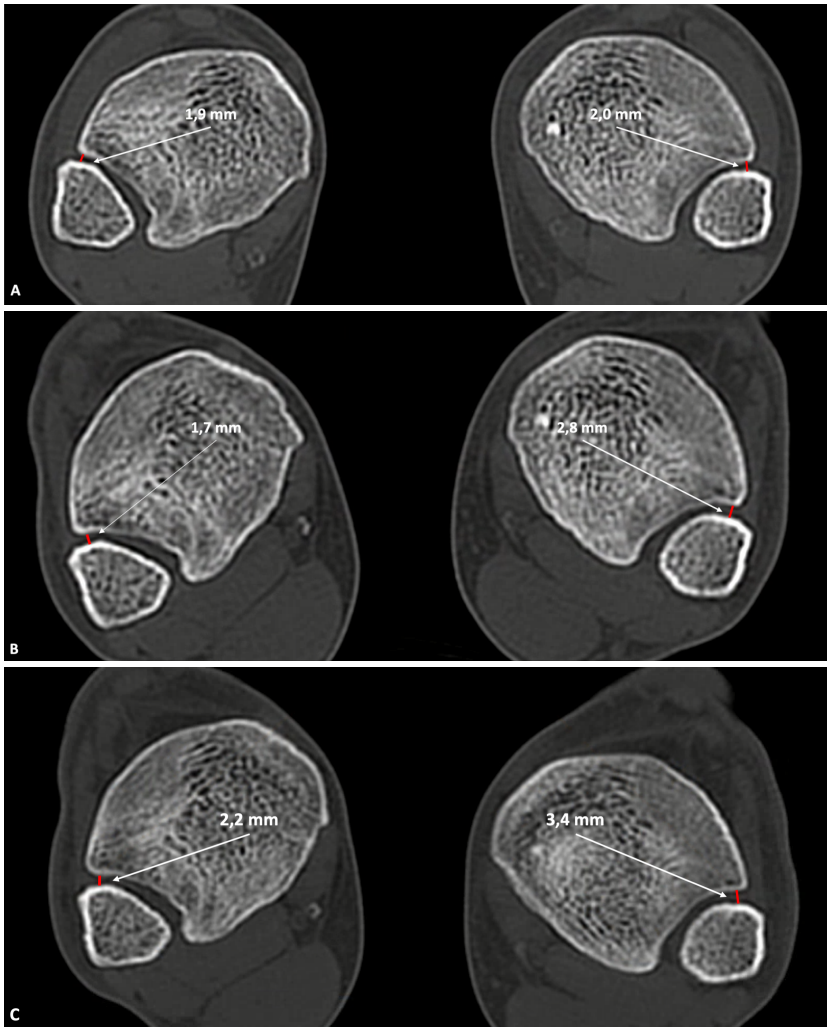


Figura 24 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado esquerdo com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado verdadeiro-negativo para o teste TCPN com diferença menor que 0,7 mm. Imagem B e C mostram resultados falso-positivos para os testes TCME-JE e TCME-JF com diferenças superiores a 1 mm

Ao aplicar o ponto de corte ideal de 1,0 mm para o teste TCME-JF, encontramos 2 resultados falso-positivos e 4 falso-negativos, exemplos os quais estão demonstrados nas figuras 24 e 25, respectivamente.

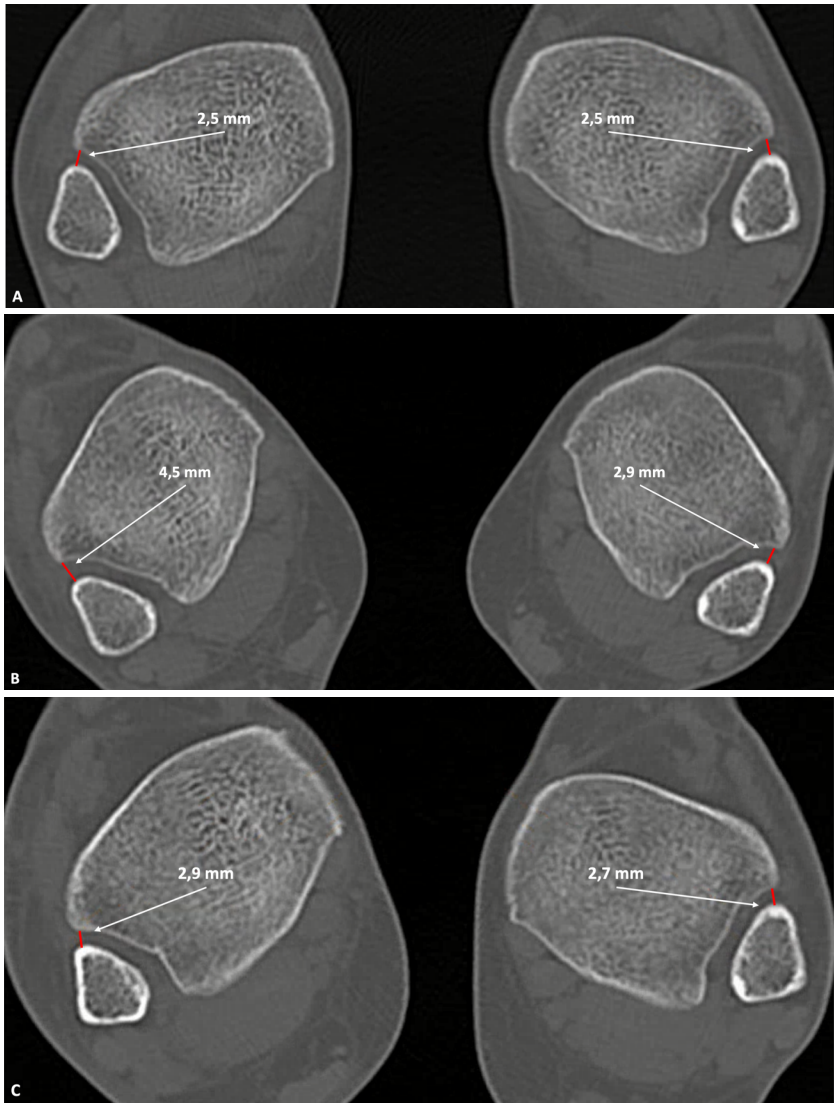
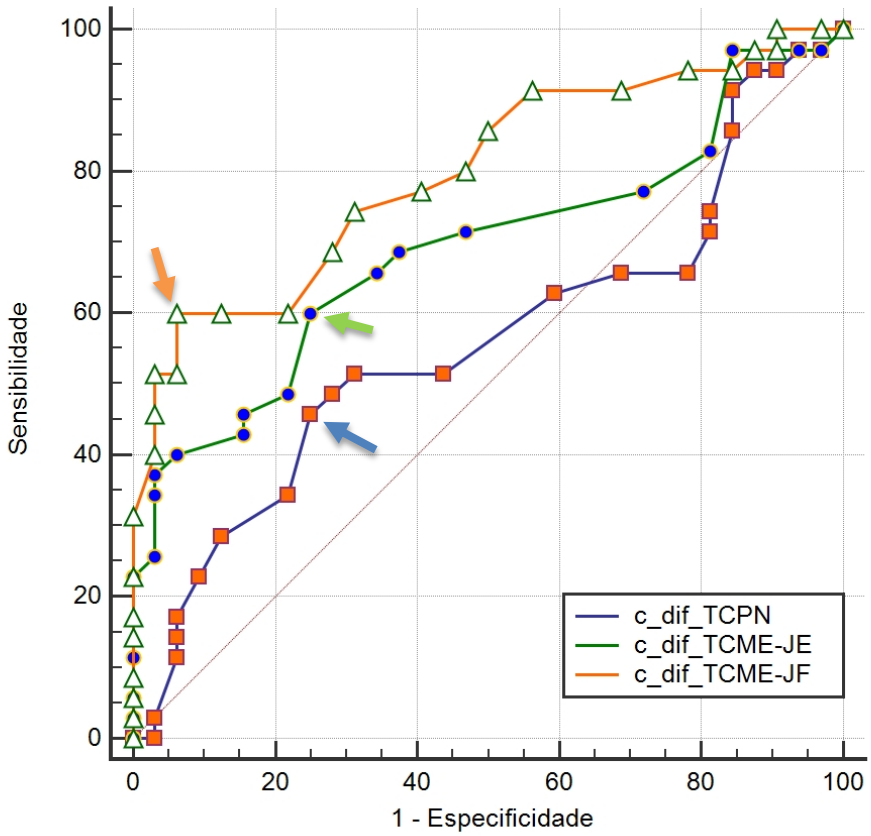


Figura 25 - Resultados dos testes de TC de um mesmo participante considerando a diferença da medida do parâmetro rotacional ***a*** entre o lado direito com entorse e o lado contralateral saudável. Imagem A mostra um resultado falso-negativo para o teste TCPN com diferença igual a zero. Imagem B mostra um resultado verdadeiro-positivo para o teste TCME-JE com diferença superior a 1 mm. Imagem C mostra um resultado falso-negativo para o teste TCME-JF com diferença menor que 1,0 mm

5.7.2 Parâmetro translação lateral (*c_dif*)

Nos gráficos das curvas TCME-JE e TCME-JF, os índices J de Youden estão mais distantes da linha diagonal, indicando valores superiores de acurácia diagnóstica em relação à TCPN para a medida ***c_dif*** (gráfico 2).

Gráfico 2 - Curvas ROCs para o parâmetro translação lateral ***c_dif*** nos testes de TC



TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. Índice J de Youden: TCPN (seta azul), TCME-JE (seta verde) e TCME-JF (seta laranja).

Os testes TCME-JE e TCME-JF obtiveram valores de área sob a curva maiores que o teste TCPN, porém os valores de intervalo de confiança se sobrepuseram e não foi possível inferir qual deles teve o melhor desempenho para a medida ***c_dif*** (tabela 11).

Tabela 11 - Comparação de áreas sob as curvas ROCs – ***c_dif***

Testes	ASC	95% de IC
c_dif_TCPN	0,56	de 0,43 a 0,68
c_dif_TCME-JE	0,69	de 0,56 a 0,79
c_dif_TCME-JF	0,79	de 0,68 a 0,88

TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. ASC: área sob a curva. IC: intervalo de confiança.

Na comparação entre pares de curvas ROCs dos testes TCPN e TCME-JE, a diferença entre áreas foi significativa para a medida ***c_dif***. A diferença entre áreas dos testes TCPN e TCME-JF também foi significativa. Houve diferença significativa entre áreas dos testes TCME-JE e TCME-JF, porém o objetivo e o cálculo amostral deste estudo não foram desenhados para testar essa diferença (tabela 12).

Tabela 12 - Diferença de áreas entre pares de curvas ROCs – ***c_dif***

TC posição neutra versus TC joelho em extensão	
Diferença entre áreas	0,13
Erro padrão [a]	0,06
95% de intervalo de confiança	de 0,00 a 0,25
Estatística z	2,07
Nível de significância	P = 0,03
TC posição neutra versus TC joelho em semiflexão	
Diferença entre áreas	0,23
Erro padrão [a]	0,06
95% de intervalo de confiança	de 0,10 a 0,37
Estatística z	3,56
Nível de significância	P = 0,004
TC joelho em extensão versus TC joelho em semiflexão	
Diferença entre áreas	0,10
Erro padrão [a]	0,05
95% de intervalo de confiança	de 0,00 a 0,21
Estatística z	1,98
Nível de significância	P = 0,047

[a] DeLong.

No cálculo do ponto de corte ideal para a medida ***c_dif***, o teste TCPN não foi capaz de identificar ao menos um participante como verdadeiro-positivo, o que resultou em sensibilidade zero e impossibilitou o cálculo do valor preditivo

positivo. Os testes TCME-JE e TCME-JF apresentaram valores de sensibilidade maiores que o TCPN, porém considerados baixo e intermediário, respectivamente. Os testes TCME-JE e TCME-JF apresentaram valor preditivo positivo intermediário. A especificidade e o valor preditivo negativo permaneceram altos para os três testes de TC (tabela 13).

Tabela 13 - Ponto de corte ideal – ***c_dif***

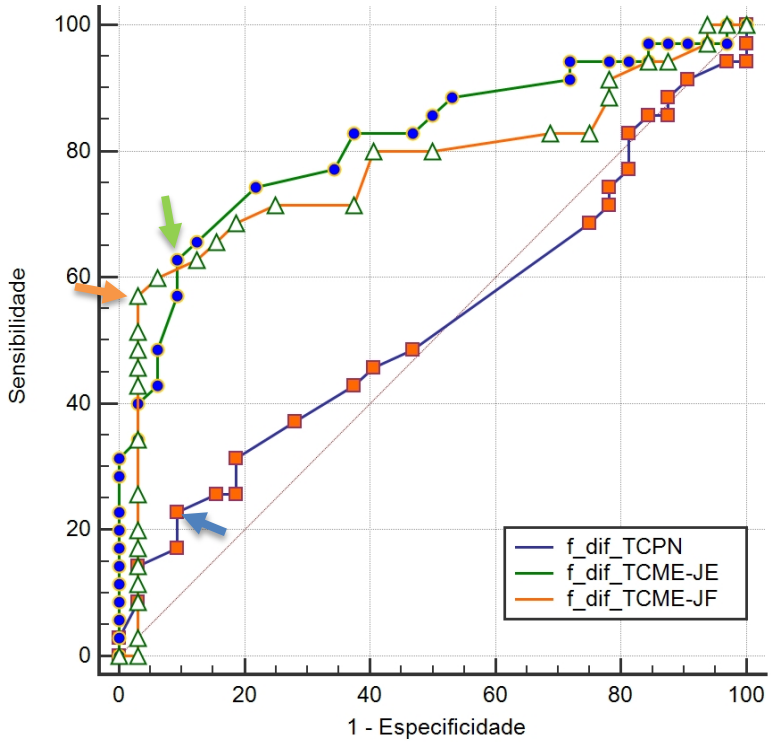
Medida ***c_dif***	**TCPN**	**TCME-JE**	**TCME-JF**
Ponte de corte ideal* (mm)	1,7	0,9	0,9
Sensibilidade	0	36,1	51,4
(IC 95%)	(0 a 9,7)	(20,8 a 53,8)	(34,0 a 68,6)
Especificidade	100	96,9	96,9
(IC 95%)	(89,4 a 100)	(84,2 a 99,9)	(84,2 a 99,9)
VPP	-	57,0	65,3
(IC 95%)		(15,5 a 90,5)	(21,0 a 93,0)
VPN	90	93,2	94,7
(IC 95%)	(87,6 a 92,8)	(91,4 a 94,6)	(92,7 a 96,2)

*Considerando a prevalência da doença em 10% e custos estimados do resultado falso-positivo de 1, falso-negativo de 3, verdadeiro-positivo de 0 e verdadeiro-negativo de 0. IC: intervalo de confiança. VPP: valor preditivo positivo. VPN: valor preditivo negativo.

5.7.3 Parâmetro translação anteroposterior (*f_dif*)

Nos gráficos das curvas TCME-JE e TCME-JF, os índices J de Youden estão mais distantes da linha diagonal, representando valores superiores de acurácia diagnóstica em relação à TCPN (gráfico 3).

Gráfico 3 - Curvas ROCs para o parâmetro translação anteroposterior ***f_dif*** nos testes de TC



TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. Índice J de Youden: TCPN (seta azul), TCME-JE (seta verde) e TCME-JF (seta laranja).

Os testes TCME-JE e TCME-JF apresentaram melhor acurácia diagnóstica com valores de área sob a curva maiores que o teste TCPN para a medida ***f_dif*** (tabela 14).

Tabela 14 - Comparação de áreas sob as curvas ROCs – *f_**dif***

Teste	ASC	95% de IC
f_dif_TCPN	0,52	de 0,40 a 0,63
f_dif_TCME-JE	0,81	de 0,70 a 0,90
f_dif_TCME-JF	0,77	de 0,65 a 0,86

TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. ASC: área sob a curva. IC: intervalo de confiança.

Na comparação entre pares de curvas ROCs dos testes TCPN e TCME-JE, a diferença entre áreas foi significativa para a medida ***f_dif***. A diferença entre áreas dos testes TCPN e TCME-JF também foi significativa. Não houve diferença significativa entre áreas dos testes TCME-JE e TCME-JF, porém o objetivo e o cálculo amostral deste estudo não foram desenhados para testar essa diferença (tabela 15).

Tabela 15 - Diferença de áreas entre pares de curvas ROCs – ***f_dif***

TC posição neutra versus TC joelho em extensão	
Diferença entre áreas	0,28
Erro padrão [a]	0,06
95% de intervalo de confiança	de 0,15 a 0,42
Estatística z	4,18
Nível de significância	P < 0,001
TC posição neutra versus TC joelho em semiflexão	
Diferença entre áreas	0,24
Erro padrão [a]	0,08
95% de intervalo de confiança	de 0,07 a 0,40
Estatística z	2,9
Nível de significância	P = 0,003
TC joelho em extensão versus TC joelho em semiflexão	
Diferença entre áreas	0,04
Erro padrão [a]	0,05
95% de intervalo de confiança	de -0,06 a 0,15
Estatística z	0,81
Nível de significância	P = 0,41

[a] DeLong.

No cálculo do ponto de corte ideal para a medida ***f_dif***, os testes TCME-JE e TCME-JF apresentaram maior sensibilidade do que o teste TCPN, porém com valores considerados intermediários. O valor preditivo positivo paras os três

testes de TC apresentaram valores baixos e intermediários. A especificidade e o valor preditivo negativo permaneceram altos para os três testes de TC (tabela 16).

Tabela 16 - Ponto de corte ideal – ***f_dif***

Medida ***f_dif***	**TCPN**	**TCME-JE**	**TCME-JF**
Ponte de corte ideal* (mm)	1,1	0,7	1,1
Sensibilidade	13,8	61,1	57,1
(IC 95%)	(4,7 a 29,5)	(43,5 a 76,9)	(39,4 a 73,7)
Especificidade	96,9	90,9	96,9
(IC 95%)	(84,2 a 99,9)	(75,7 a 98,1)	(84,2 a 99,9)
VPP	33,7	42,8	67,7
(IC 95%)	(5,9 a 80,5)	(19,8 a 69,4)	(22,9 a 93,6)
VPN	91,0	95,5	95,3
(IC 95%)	(89,8 a 92,1)	(93,2 a 97,0)	(93,3 a 96,8)

*Considerando a prevalência da doença em 10% e custos estimados do resultado falso-positivo de 1, falso-negativo de 3, verdadeiro-positivo de 0 e verdadeiro-negativo de 0. IC: intervalo de confiança. VPP: valor preditivo positivo. VPN: valor preditivo negativo.

5.8 Resultados dos testes de TC inválidos, inconclusivos e ausentes

Um participante apresentou resultado inválido por erro técnico durante a aquisição das imagens no teste TCME-JF. A falha do equipamento foi percebida somente na fase de pós-processamento, após a alta do participante, não permitindo a repetição das imagens. O exame de RM revelou que os ligamentos da sindesmose estavam intactos e que os ligamentos colaterais laterais (talofibular anterior e calcaneofibular) estavam lesionados. Este evento foi de natureza incidental não relacionado às características do participante ou aos diagnósticos de lesão da sindesmose, colaterais laterais e deltoide.

Consideramos que um resultado inválido isolado não teria poder estatístico para influenciar na acurácia diagnóstica, e o participante foi excluído da análise.

5.9 Resultados do exame de RM inválidos, inconclusivos e ausentes

Três participantes não realizaram o exame de RM por questões administrativas. Os testes de TC reveleram que dois destes participantes apresentavam relação tibiofibular semelhante ao lado contralateral saudável e foram interpretados como resultados normais. O outro participante apresentou relação tibiofibular diferente do lado contralateral saudável e foi interpretrado como sindesmose instável. Trata-se de uma quantidade pequena, incidental e aleatória de resultados do exame de RM ausentes, não relacionados às características dos participantes ou aos resultados dos testes de TC. Consideramos que o exame de RM ausente em três participantes não teria poder estatístico para influenciar nos resultados e foram excluídos da análise.

5.10 Análise das fontes de variabilidade

Para a análise das fontes de variabilidade (gravidade da lesão da sindesmose, queixas durante as manobras de estresse e graus das manobras de estresse), utilizamos apenas o parâmetro rotacional ***a_dif*** porque apresentou alta acurácia diagnóstica na diferenciação entre indivíduos com ou sem instabilidade da sindesmose. Os parâmetros translação lateral ***c_dif*** e translação anteroposterior ***f_dif*** apresentaram moderada acurácia diagnóstica e consideramos que seriam inapropriados para analisar as fontes de variabilidade.

5.10.1 Acurácia diagnóstica em função da gravidade da lesão da sindesmose

Considerando a classificação de Sikka et al.[85] para gravidade da lesão dos ligamentos da sindesmose, o padrão mais frequente foi o grau II (ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo), correspondendo a 86% (31/36). A segunda lesão mais comum foi o grau I (ligamento tibiofibular anteroinferior), observado em 11,1% (4/36), seguido do grau III (ligamentos tibiofibular anteroinferior, interósseo e tibiofibular posterior), representando 2,8% (1/36). Nenhum participante foi classificado como grau IV. Não foi possível realizar uma análise de subgrupos porque os graus I, III e IV não apresentaram um número expressivo de eventos com poder estatístico para inferências sobre o impacto da gravidade da lesão sobre os resultados.

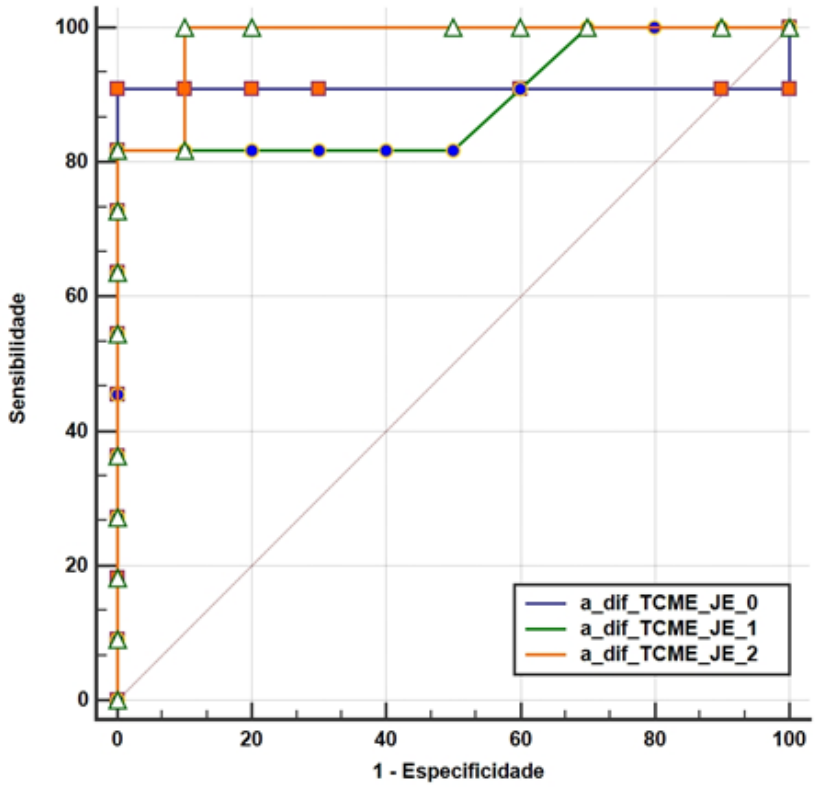
5.10.2 Acurácia diagnóstica em função das queixas dos participantes

Durante o treinamento das manobras de estresse, os pesquisadores perguntaram aos participantes se eles apresentavam sintomas no tornozelo com entorse. As queixas relatadas foram anotadas e categorizadas em três subgrupos. Os indivíduos que não manifestaram queixas foram definidos como subgrupo assintomático e corresponderam a 32,4% (22/68) dos participantes. Os indivíduos que não se queixaram de dor, mas relataram uma sensação de peso, pressão ou desconforto na face lateral do tornozelo foram definidos como subgrupo desconforto e corresponderam a 35,3% (24/68) dos participantes. Os indivíduos que se queixaram especificamente de dor foram definidos como subgrupo dor e corresponderam a 32,4% (22/68) dos participantes.

5.10.2.1 Acurácia diagnóstica da TCME-JE em função das queixas dos participantes

O gráfico 4 mostra as curvas ROCs dos subgrupos assintomático, desconforto e dor para o teste TCME-JE.

Gráfico 4 - Curvas ROCs dos subgrupos queixas no teste TCME-JE



a_dif_TCME_JE_0: tomografia computadorizada no subgrupo assintomático
a_dif_TCME_JE_1: tomografia computadorizada no subgrupo desconforto
a_dif_TCME_JE_2: tomografia computadorizada no subgrupo dor

Os subgrupos assintomático, desconforto e dor apresentaram alto valor de área sob a curva no teste TCME-JE, sem diferença significativa entre eles (tabela 17).

Tabela 17 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos queixas para o teste TCME-JE

Subgrupo	ASC	Erro padrão [a]	95% de IC [b]
a_dif_TCME_JE_0	0,90	0,09	de 0,70 a 0,99
a_dif_TCME_JE_1	0,89	0,07	de 0,67 a 0,98
a_dif_TCME_JE_2	0,98	0,021	de 0,80 a 1,00

a_dif_TCME_JE_0: tomografia computadorizada no subgrupo assintomático
a_dif_TCME_JE_1: tomografia computadorizada no subgrupo desconforto
a_dif_TCME_JE_2: tomografia computadorizada no subgrupo dor
ASC: área sob a curva. IC: intervalo de confiança. [a] DeLong. [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs dos subgrupos assintomático versus desconforto, assintomático versus dor e desconforto versus dor, a diferença entre áreas não foi significativa para o teste TCME-JE (tabela 18).

Tabela 18 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs dos subgrupos queixas para o teste TCME-JE

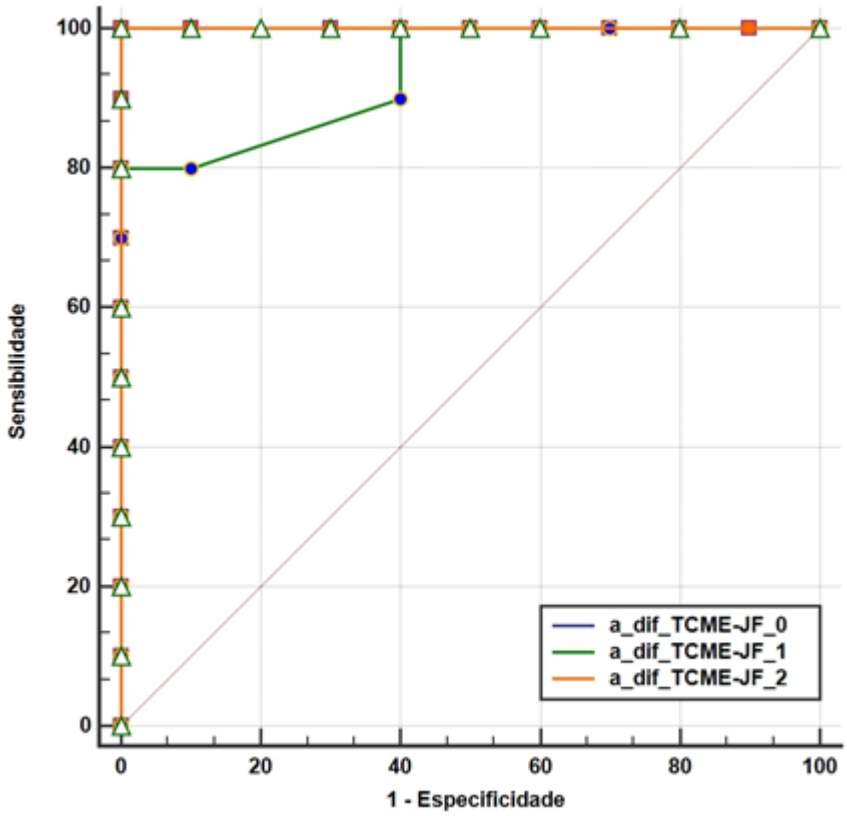
Assintomático versus desconforto	
Diferença entre áreas	0,01
Erro padrão [a]	0,06
95% de intervalo de confiança	de -0,11 a 0,15
Estatística z	0,26
Nível de significância	P = 0,788
Assintomático versus dor	
Diferença entre áreas	0,07
Erro padrão [a]	0,09
95% de intervalo de confiança	de -0,1 a 0,2
Estatística z	0,76
Nível de significância	P = 0,445
Desconforto versus dor	
Diferença entre áreas	0,09
Erro padrão [a]	0,08
95% de intervalo de confiança	de -0,07 a 0,26
Estatística z	1,05
Nível de significância	P = 0,292

[a] DeLong.

5.10.2.2 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função das queixas dos participantes

O gráfico 5 mostra aa curvas ROCs dos subgrupos assintomático, desconforto e dor para o teste TCME-JF.

Gráfico 5 - Curvas ROCs dos subgrupos queixas no teste TCME-JF



a_dif_TCME_JF_0: tomografia computadorizada no subgrupo assintomático
a_dif_TCME_JF_1: tomografia computadorizada no subgrupo desconforto
a_dif_TCME_JF_2: tomografia computadorizada no subgrupo dor

Os subgrupos assintomático, desconforto e dor apresentaram alto valor de área sob a curva no teste TCME-JF, sem diferença significativa entre eles (tabela 19).

Tabela 19 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos queixas para o teste TCME-JF

Subgrupo	ASC	Erro padrão [a]	95% de IC [b]
a_dif_TCME_JF_0	1	0	de 0,83 a 1,00
a_dif_TCME_JF_1	0,93	0,05	de 0,73 a 0,99
a_dif_TCME_JF_2	1	0	de 0,83 a 1,00

a_dif_TCME_JF_0: tomografia computadorizada no subgrupo assintomático
a_dif_TCME_JF_1: tomografia computadorizada no subgrupo desconforto
a_dif_TCME_JF_2: tomografia computadorizada no subgrupo dor
ASC: área sob a curva. IC: intervalo de confiança. [a] DeLong [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs do subgrupo assintomático versus desconforto, assintomático versus dor e desconforto versus dor, a diferença entre áreas não foi significativa para o teste TCME-JF (tabela 20).

Tabela 20 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs nos subgrupos queixas para o teste TCME-JF

Assintomático versus desconforto	
Diferença entre áreas	0,06
Erro padrão [a]	0,05
95% de intervalo de confiança	de -0,03 a 0,16
Estatística z	1,24
Nível de significância	P = 0,213
Assintomático versus dor	
Diferença entre áreas	0
Erro padrão [a]	0
95% de intervalo de confiança	de 0,00 a 0,00
Nível de significância	P = 1,000
Desconforto versus dor	
Diferença entre áreas	0,06
Erro padrão [a]	0,05
95% de intervalo de confiança	de -0,03 a 0,16
Estatística z	1,24
Nível de significância	P = 0,213

[a] DeLong.

5.10.3 Acurácia diagnóstica em função dos graus das manobras de estresse

As mensurações dos ângulos de rotação externa e extensão dos tornozelos e semiflexão dos joelhos foram realizadas de forma padronizada, conforme descrito no item 4.7.6 da seção métodos. A média dos graus das manobras de estresse foi semelhante entre os tornozelos do mesmo indíviduo (***dif_1*** e ***dif_2***). A média dos graus de semiflexão dos joelhos também foi semelhante entres os joelhos do mesmo indivíduo. Os resultados são apresentados na tabela 21 para o tornozelo com entorse e na tabela 22 para o tornozelo contralateral saudável.

Tabela 21 - Ângulos de rotação externa do tornozelo, extensão do tornozelo e semiflexão do joelho para o tornozelo com entorse

	Tornozelo com entorse				
	TCPN	**TCME-JE**	**TCME-JF**	***dif_1***	***dif_2***
	Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)				
Ângulo de rotação externa do tornozelo	6,8 ± 4,1 (-3,8; 14,9)	44,2 ± 8,5 (23,8; 70,5)	40,5 ± 9,7 (18,2; 57)	37,4 ± 9,0 (14,9; 59,2)	33,8 ± 10,8 (7,6; 52,7)
Ângulo de extensão do tornozelo	103,3 ± 5,6 (88,1; 120,7)	92,3 ± 5,4 (83,3; 112,9)	87,3 ± 6,6 (71,6; 106)	11,0 ± 5,0 [1] (-5,8; 22,2)	16,0 ± 6,7 [2] (-3,0; 31,8)
Ângulo de semiflexão dos joelhos	-	-	60,1 ± 11,6 (40,4; 95,4)	-	-

TCPN: tomografia computadorizada em posição neutra. TCME-JE: tomografia computadorizada com joelho em extensão. TCME-JF: tomografia computadorizada com joelho em semiflexão. *dif_1*: diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCME-JE e TCPN. *dif_2*: diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCME-JF e TCPN. [1] Na extensão, a *dif_1* corresponde à diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCPN e TCME-JE, por preferência dos pesquisadores em analisar ângulos positivos. [2] Na extensão, a *dif_2* corresponde à diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCPN e TCME-JF, por preferência dos pesquisadores em analisar ângulos positivos.

Tabela 22 - Ângulos de rotação externa do tornozelo, extensão do tornozelo e semiflexão do joelho para o tornozelo contralateral saudável

Tornozelo contralateral saudável					
	TCPN	**TCME-JE**	**TCME-JF**	***dif_1***	***dif_2***
	Média ± desvio-padrão (mínimo; máximo)				
Ângulo de rotação externa do tornozelo	6,5 ± 3,4 (0,0; 15,3)	43,6 ± 8,9 (17,8; 62,8)	39,6 ± 8,8 (14,8; 60,4)	37,0 ± 9,4 (10,9; 56,4)	33,0 ± 9,4 (7,9; 53,5)
Ângulo de extensão do tornozelo	103,1 ± 6,0 (88,7; 115,4)	91,4 ± 5,6 (81,1; 110,1)	86,8 ± 5,8 (74,2; 103,8)	11,6 ± 6,2 [1] (-2,8; 25,7)	16,2 ± 7,3 [2] (0,2; 33,3)
Ângulo de semiflexão do joelho	-	-	60,9 ± 11,2 (43,8; 94,6)	-	-

TCPN: tomografia computadorizada em posição neutra. TCME-JE: tomografia computadorizada com joelho em extensão. TCME-JF: tomografia computadorizada com joelho em semiflexão. *dif_1*: diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCME-JE e TCPN. *dif_2*: diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCME-JF e TCPN. [1] Na extensão, a *dif_1* corresponde à diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCPN e TCME-JE, por preferência dos pesquisadores em analisar ângulos positivos. [2] Na extensão, a *dif_2* corresponde à diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCPN e TCME-JF, por preferência dos pesquisadores em analisar ângulos positivos.

Para análise de acurácia diagnóstica nos diferentes graus de rotação externa dos tornozelos, utilizamos a diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCME-JE e TCPN (***dif_1***) e os ângulos mensurados nos testes TCME-JF e TCPN (***dif_2***).

Para análise de acurácia diagnóstica nos diferentes graus de extensão dos tornozelos, utilizamos a diferença entre os ângulos mensurados nos testes TCPN e TCME-JE (***dif_1***) e os ângulos mensurados no teste TCPN e TCME-JF (***dif_2***). O ângulo tibiotalar do tornozelo em posição neutra é maior do que na extensão e, por uma questão de preferência dos pesquisadores em analisar valores de ângulos positivos, optamos por inverter a ordem da subtração em relação à realizada na rotação externa.

A análise de acurácia diagnóstica nos diferentes graus de semiflexão dos joelhos foi realizada apenas com a medida absoluta obtida no teste TCME-JF. Nos testes TCPN e TCME-JE, os joelhos estavam em extensão e não seriam uma fonte de variabilidade.

Escolhemos realizar a análise de acurácia diagnóstica das fontes de variabilidade apenas do tornozelo com entorse. O tornozelo contralateral saudável não teria limitações de amplitude de movimento e não seria uma fonte de variabilidade.

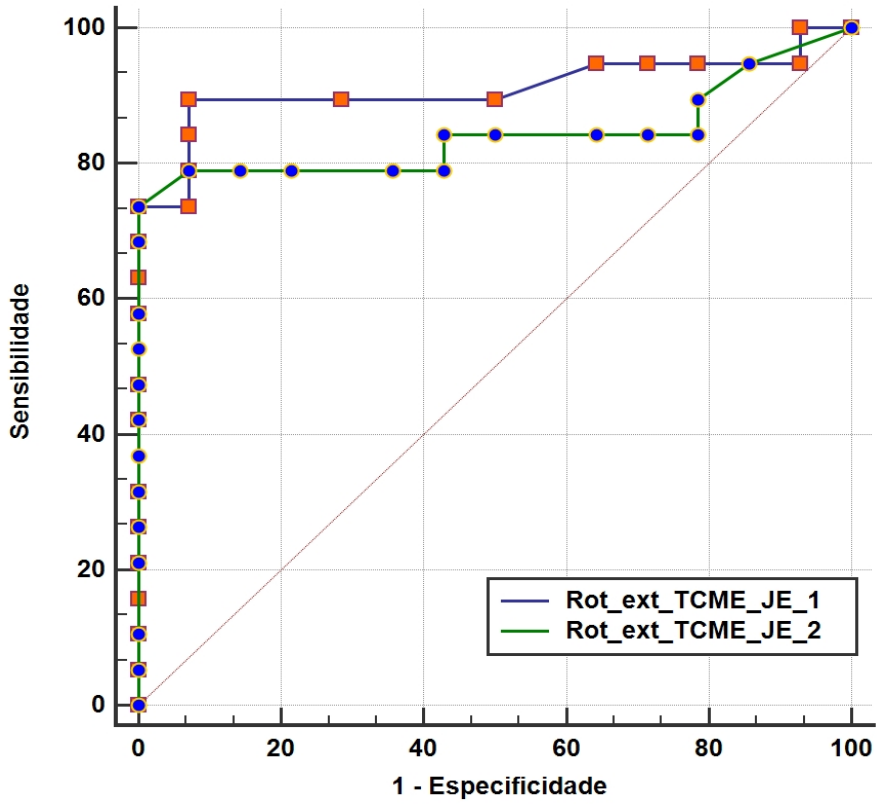
5.10.3.1 Acurácia diagnóstica da TCME-JE em função da rotação externa do tornozelo

Para análise da influência do grau de rotação externa do tornozelo na acurácia diagnóstica, utilizamos os valores obtidos na tabela 21, correspondendo ao tornozelo com entorse.

A partir da média obtida no grau de rotação externa, definimos dois subgrupos para o teste TCME-JE. Grau de rotação externa do tornozelo com valor igual ou superior à média (***dif_1*** ≥ 37,4º) definiu um subgrupo, e grau de rotação externa com valor inferior à média (***dif_1*** < 37,4º) definiu o outro subgrupo.

O gráfico 6 mostra as curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média no teste TCME-JE.

Gráfico 6 - Curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo no teste TCME-JE



Rot_ext_TCME_JE_1: subgrupo rotação externa igual ou superior à média
Rot_ext_TCME_JE_2: subgrupo rotação externa inferior à média

Os subgrupos com rotação externa do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média apresentaram alto valor de área sob a curva ROC no teste TCME-JE, sem diferença significativa entre eles (tabela 23).

Tabela 23 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JE

Subgrupos	ASC	Erro padrão[a]	95% de IC [b]
Rot_ext_TCME_JE_1	0,91	0,05	de 0,75 a 0,98
Rot_ext_TCME_JE_2	0,84	0,07	de 0,67 a 0,94

Rot_ext_TCME_JE_1: subgrupo rotação externa igual ou superior à média
Rot_ext_TCME_JE_2: subgrupo rotação externa inferior à média
ASC: Área sob a curva. [a] DeLong [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs do subgrupo rotação externa do tornozelo igual ou superior à média versus inferior à média, a diferença entre áreas não foi significativa para o teste TCME-JE (tabela 24).

Tabela 24 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JE

Igual ou superior à média versus inferior à média	
Diferença entre áreas	0,06
Erro padrão [a]	0,05
95% de intervalo de confiança	de -0,04 a 0,17
Estatística z	1,20
Nível de significância	P = 0,226

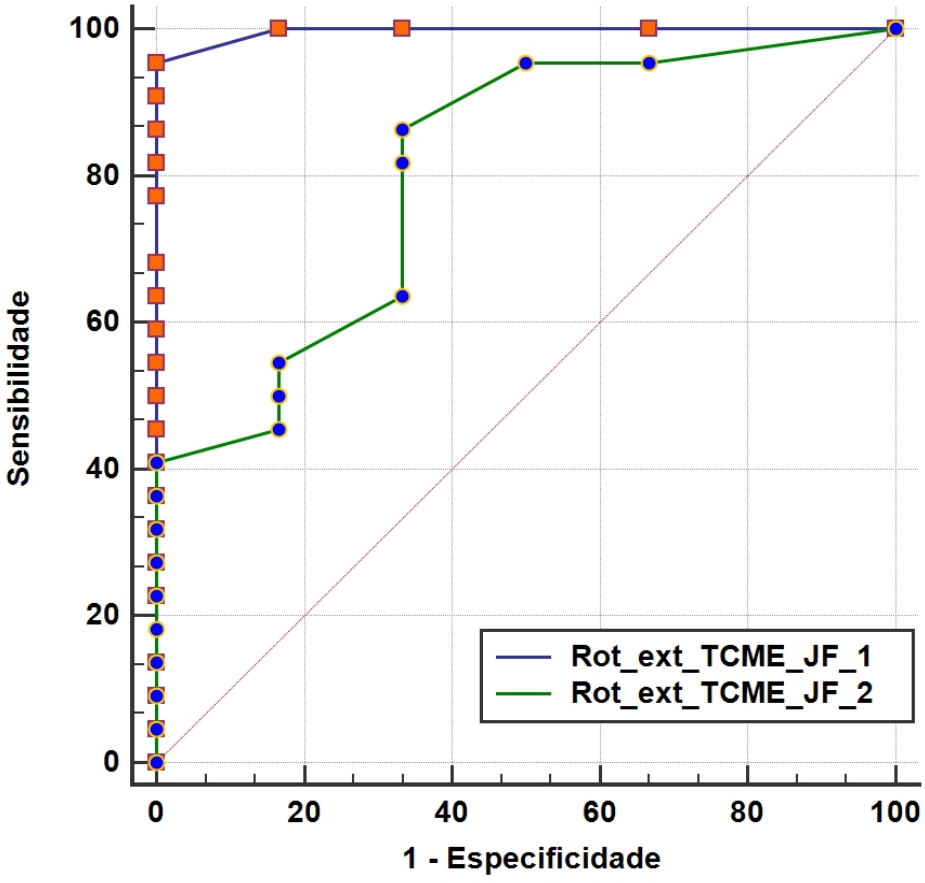
[a] DeLong

5.10.3.2 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função da rotação externa do tornozelo

A partir da média (***dif_2***) do grau de rotação externa descrita na tabela 21, definimos dois subgrupos para o teste TCME-JF. Grau de rotação externa com valor igual ou superior à média (***dif_2*** ≥ 33,8º) definiu um subgrupo, e grau de rotação externa com valor inferior à média (***dif_2*** < 33,8º) definiu outro subgrupo.

O gráfico 7 mostra a curva ROC dos subgrupos rotação externa do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média no teste TCME-JF.

Gráfico 7 - Curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo no teste TCME-JF



Rot_ext_TCME_JF_1: subgrupo rotação externa igual ou superior à média
Rot_ext_TCME_JF_2: subgrupo rotação externa inferior à média

Embora o subgrupo rotação externa do tornozelo igual ou superior à média tenha apresentado área sob curva maior do que o subgrupo inferior à média, os valores de intervalo de confiança se sobrepuseram, o que não permite inferir qual dos subgrupos teve o melhor desempenho para o teste TCME-JF (tabela 25).

Tabela 25 - Comparação de áreas sob a curva ROC dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JF

Subgrupos	ASC	Erro padrão [a]	95% de IC [b]
Rot_ext_TCME_JF_1	0,99	0,005	de 0,86 a 1,00
Rot_ext_TCME_JF_2	0,80	0,10	de 0,61 a 0,93

Rot_ext_TCME_JF_1: subgrupo rotação externa do tornozelo igual ou superior à média
Rot_ext_TCME_JF_2: subgrupo rotação externa do tornozelo inferior à média
ASC: Área sob a curva. IC intervalo de confiança. [a] DeLong [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs do subgrupo rotação externa do tornozelo igual ou superior à média versus inferior à média, a diferença entre áreas não foi significativa para o teste TCME-JF (tabela 26).

Tabela 26 - Diferenças de áreas entre pares de curvas ROCs dos subgrupos rotação externa do tornozelo para o teste TCME-JF

Igual ou superior à média versus inferior à média	
Diferença entre áreas	0,18
Erro padrão [a]	0,10
95% de intervalo de confiança	de -0,02 a 0,40
Estatística z	1,76
Nível de significância	P = 0,077

[a] DeLong

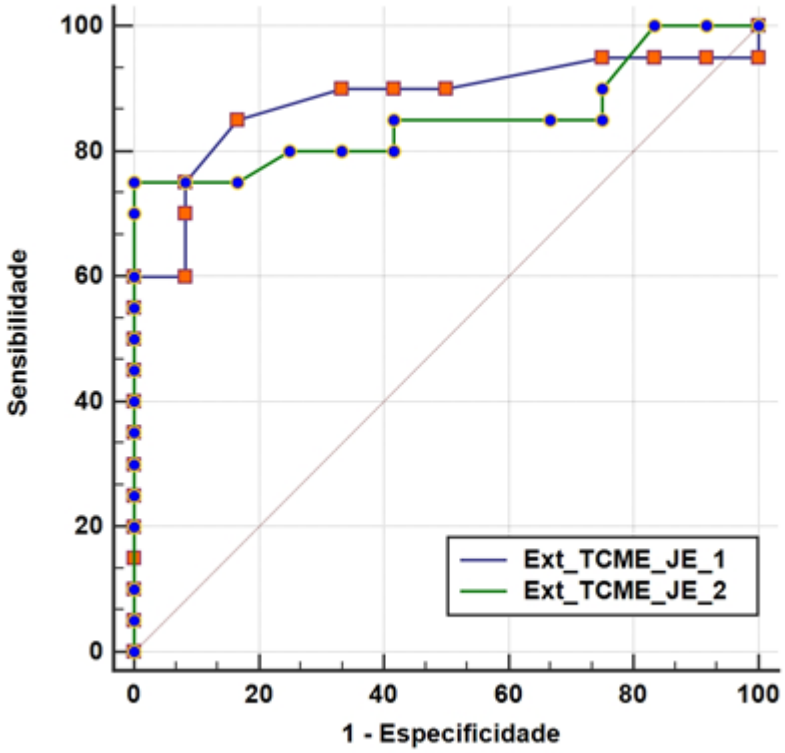
5.10.3.3 Acurácia diagnóstica da TCME-JE em função da extensão do tornozelo

Para análise da influência do grau de extensão do tornozelo na acurácia diagnóstica, utilizamos os valores obtidos na tabela 21, correspondendo ao tornozelo com entorse.

A partir da média obtida no grau de extensão do tornozelo, definimos dois subgrupos para o teste TCME-JE. Grau de extensão com valor igual ou superior à média (***dif_1*** ≥ 11º) definiu um subgrupo, e grau de extensão com valor inferior à média (***dif_1*** < 11º) definiu outro subgrupo.

O gráfico 8 mostra as curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média no teste TCME-JE.

Gráfico 8 - Curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JE



Ext_TCME_JE_1: subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média.
Ext_TCME_JE_2: subgrupo extensão do tornozelo inferior à média.

Os subgrupos extensão do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média apresentaram alto valor de área sob a curva no teste TCME-JE, sem diferença significativa entre eles (tabela 27).

Tabela 27 - Comparação de curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JE

Subgrupo	ASC	Erro padrão [a]	95% de IC [b]
Ext_TCME_JE_1	0,88	0,06	de 0,71 a 0,96
Ext_TCME_JE_2	0,85	0,06	de 0,68 a 0,95

Ext_TCME_JE_1: subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média
Ext_TCME_JE_2: subgrupo extensão do tornozelo inferior à média
ASC: Área sob a curva. IC: intervalo de confiança [a] DeLong [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs do subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média versus inferior à média, a diferença entre áreas não foi significativa para o teste TCME-JE (tabela 28).

Tabela 28 - Comparação entre pares de curvas ROCs dos subgrupos extensão dos tornozelos para o teste TCME-JE

Igual ou superior à média versus inferior à média	
Diferença entre áreas	0,02
Erro padrão [a]	0,07
95% de intervalo de confiança	de -0,11 a 0,17
Estatística z	0,39
Nível de significância	P = 0,695

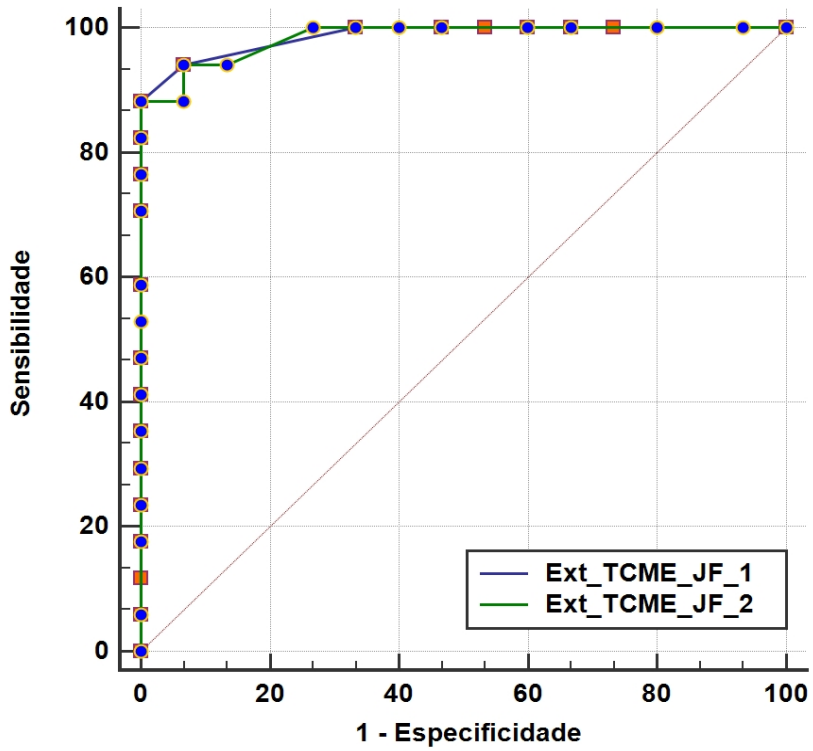
[a] DeLong

5.10.3.4 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função da extensão do tornozelo

A partir da média (***dif_2***) obtida no grau de extensão do tornozelo descrito na tabela 21, definimos dois subgrupos para o teste TCME-JF. Grau de extensão com valor acima da média (***dif_2*** ≥ 16º) definiu um subgrupo, e grau de extensão com valor inferior à média (***dif_2*** < 16º) definiu outro subgrupo.

O gráfico 9 mostra as curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média no teste TCME-JF.

Gráfico 9 - Curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo no teste TCME-JF



Ext_TCME_JF_1: subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média.
Ext_TCME_JF_2: subgrupo extensão do tornozelo inferior à média.

Os subgrupos com extensão do tornozelo igual ou superior à média e inferior à média apresentaram alto valor de área sob a curva no teste TCME-JF, sem diferença significativa entre eles (tabela 29).

Tabela 29 - Comparação de curvas ROC dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JF

Subgrupo	ASC	Erro padrão [a]	95% de IC [b]
Ext_TCME_JF_1	0,98	0,01	de 0,86 a 1,00
Ext_TCME_JF_2	0,98	0,01	de 0,86 a 1,00

Ext_TCME_JF_1: subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média
Ext_TCME_JF_2: subgrupo extensão do tornozelo inferior à média
ASC: Área sob a curva. IC: intervalo de confiança. [a] DeLong [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs do subgrupo extensão do tornozelo igual ou superior à média versus inferior à média, a diferença entre áreas não foi significativa para o teste TCME-JF (tabela 30).

Tabela 30 - Comparação entre pares de curvas ROCs dos subgrupos extensão do tornozelo para o teste TCME-JF

Igual ou superior à média versus inferior à média	
Diferença entre áreas	0,001
Erro padrão [a]	0,02
95% de Intervalo de confiança	de -0,03 a 0,04
Estatística z	0,09
Nível de significância	P = 0,925

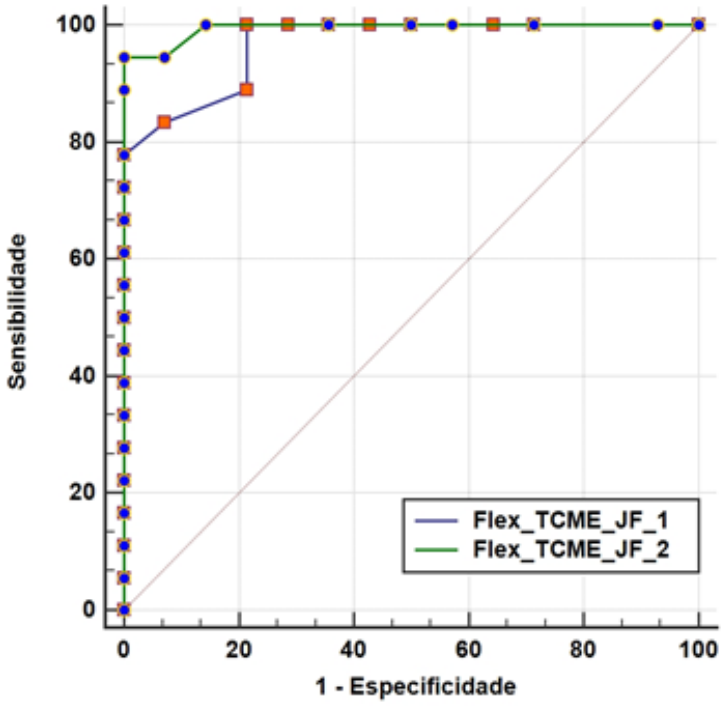
[a] DeLong

5.10.3.5 Acurácia diagnóstica da TCME-JF em função da semiflexão do joelho

A partir da média obtida no grau de semiflexão do joelho descrita na tabela 21, definimos dois subgrupos para o teste TCME-JF. Grau de semiflexão com valor igual ou superior à média (***dif_1*** ≥ 60,1º) definiu um subgrupo, e grau de semiflexão com valor inferior à média (***dif_1*** < 60,1º) definiu outro subgrupo.

O gráfico 10 mostra as curvas ROCs dos subgrupos semiflexão do joelho igual ou superior à média e inferior à média no teste TCME-JF.

Gráfico 10 - Curvas ROCs dos subgrupos semiflexão do joelho no teste TCME-JF



Flex_TCME_JF_1: subgrupo semiflexão do joelho igual ou superior à média.
Flex_TCME_JF_2: subgrupo semiflexão do joelho inferior à média.

Os subgrupos semiflexão do joelho igual ou superior à média e inferior à média apresentaram alto valor de área sob a curva no teste TCME-JF, sem diferença significativa entre eles (tabela 31).

Tabela 31 - Comparação de curvas ROCs dos subgrupos semiflexão do joelho para o teste TCME-JF

Subgrupo	ASC	Erro padrão [a]	95% de IC [b]
Flex_TCME_JF_1	0,96	0,02	de 0,83 a 0,99
Flex_TCME_JF_2	0,99	0,007	de 0,88 a 1,00

Flex_TCME_JF_1: subgrupo semiflexão de joelho igual ou superior à média.
Flex_TCME_JF_2: subgrupo semiflexão de joelho inferior à média.
ASC: Área sob a curva. IC: intervalo de confiança. [a] DeLong [b] Exato binomial

Na comparação entre pares de curvas ROCs do subgrupo semiflexão do joelho igual ou superior à média versus inferior à média, a diferença entre áreas não foi estatisticamente significativa para o teste TCME-JF (tabela 32).

Tabela 32 - Comparação entre pares de curvas ROCs dos subgrupos semiflexão do joelho no teste TCME-JF

Igual ou superior à média versus inferior à média	
Diferença entre áreas	0,02
Erro padrão [a]	0,02
95% de intervalo de confiança	de -0,02 a 0,07
Estatística z	1,13
Nível de significância	P = 0,254

[a] DeLong

5.11 Concordância inter e intraobservador

Dois observadores (A e B) com especialização em radiologia musculoesquelética realizaram de forma independente a leitura dos testes de TC referente às medidas ***a_dif***, ***c_dif*** e ***f_dif*** para obtenção da concordância interobservador.

Resultados do coeficiente de correlação intraclasse com valores inferiores a 0,4 foram considerados como concordância fraca, entre 0,4 e 0,59 como razoável, entre 0,6 e 0,74 como forte e acima de 0,75 como excelente[96].

Todos os resultados do coeficiente de correlação intraclasse foram superiores a 0,75, indicando concordância interobservador excelente para os testes de TC (tabela 33).

Tabela 33 - Concordância interobservador dos testes de TC

	Coeficiente de correlação intraclasse (IC 95%)		
	TCPN	**TCME-JE**	**TCME-JF**
a_dif	0,76 (0,54-0,88)	0,90 (0,79-0,95)	0,95 (0,89-0,97)
c_dif	0,83 (0,66-0,92)	0,88 (0,76-0,94)	0,89 (0,77-0,95)
f_dif	0,81 (0,63-0,91)	0,82 (0,64-0,92)	0,82 (0,63-0,91)

TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. a_dif: cálculo da diferença (dif) entre a medida do tornozelo com entorse e a medida do tornozelo contralateral saudável para o parâmetro rotacional *a.* c_dif: cálculo da diferença (dif) entre a medida do tornozelo com entorse e a medida do tornozelo contralateral saudável para o parâmetro translação lateral *c.* f_dif: cálculo da diferença (dif) entre a medida do tornozelo com entorse e a medida do tornozelo contralateral saudável para o parâmetro translação anteroposterior *f.* IC: intervalo de confiança.

Os mesmos dois observadores A e B, após intervalo de 6 semanas da primeira leitura dos testes de TC, fizeram de forma independente uma segunda leitura dos testes de TC referente às medidas ***a_dif***, ***c_dif*** e ***f_dif*** para obtenção da concordância intraobservador

Resultados do coeficiente de correlação intraclasse com valores inferiores a 0,4 foram considerados como concordância fraca, entre 0,4 e 0,59 como razoável, entre 0,6 e 0,74 como forte e acima de 0,75 como excelente[96].

Todos os resultados do coeficiente de correlação intraclasse para os observadores A e B foram superiores a 0,75, indicando concordância intraobservador excelente para os testes de TC (tabela 35).

Tabela 34 - Concordância intraobservador dos testes de TC

	Coeficiente de correlação intraclasse (Observador A)		
	TCPN	**TCME-JE**	**TCME-JF**
	(IC 95%)	**(IC 95%)**	**(IC 95%)**
a_dif	0,86 (0,70-0,94)	0,94 (0,88-0,97)	0,96 (0,92-0,98)
c_dif	0,90 (0,78-0,95)	0,93 (0,85-0,97)	0,91 (0,81-0,96)
f_dif	0,91 (0,79-0,96)	0,89 (0,76-0,95)	0,95 (0,90-0,98)
	Coeficiente de correlação intraclasse (Observador B)		
	TCPN	**TCME-JE**	**TCME-JF**
	(IC 95%)	**(IC 95%)**	**(IC 95%)**
a_dif	0,88 (0,73-0,94)	0,95 (0,89-0,98)	0,96 (0,92-0,98)
c_dif	0,87 (0,69-0,94)	0,91 (0,81-0,96)	0,94 (0,86-0,97)
f_dif	0,87 (0,72-0,94)	0,93 (0,84-0,97)	0,96 (0,91-0,98)

TCPN: TC em posição neutra. TCME-JE: TC com joelhos em extensão. TCME-JF: TC com joelhos em semiflexão. a_dif: cálculo da diferença (dif) entre a medida do tornozelo com entorse e a medida do tornozelo contralateral saudável para o parâmetro rotacional *a.* c_dif: cálculo da diferença (dif) entre a medida do tornozelo com entorse e a medida do tornozelo contralateral saudável para o parâmetro translação lateral *c.* f_dif: cálculo da diferença (dif) entre a medida do tornozelo com entorse e a medida do tornozelo contralateral saudável para o parâmetro translação anteroposterior. IC: intervalo de confiança.

Após três meses da segunda leitura dos testes de TC, os mesmos dois observadores A e B realizaram de forma independente a leitura dos exames de RM para obtenção da concordância interobservador.

Resultados do coeficiente Kappa com valores inferiores a 0,2 foram considerados como concordância leve, entre 0,21 e 0,4 como razoável, entre 0,41 e 0,6 como moderada, entre 0,61 e 0,8 como forte e acima de 0,8 como quase perfeita[97].

Baseado no coeficiente Kappa, o feixe profundo do ligamento deltoide obteve concordância interobservador forte. Para todos os demais ligamentos, os resultados do coeficiente Kappa foram superiores a 0,8, indicando concordância interobservador quase perfeita para os exames de RM (tabela 34).

Tabela 35 - Concordância interobservador do exame de RM

Exame de RM	Coeficiente Kappa (IC 95%)
TFAI	0,92 (0,7-1,0)
IO	0,86 (0,69-1,0)
TFPI	1,0 (1,0-1,0)
TFA	0,88 (0,74-1,0)
CF	0,85 (0,65-1,0)
TFP	1,0 (1,0-1,0)
DS	0,85 (0,62-1,0)
DP	0,75 (0,53-0,98)

RM: ressonância magnética. TFAI: ligamento tibiofibular anteroinferior. IO: ligamento interósseo. TFPI: ligamento tibiofibular posteroinferior. TFA: ligamento talofibular anterior. CF: ligamento calcaneofibular. TFP: ligamento talofibular posterior. DS: ligamento deltoide superficial. DP: ligamento deltoide profundo. IC: intervalo de confiança.

6. DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Considerando a área sob a curva ROC, a TC com manobras de estresse e joelhos em extensão ou semiflexão demonstrou acurácia diagnóstica significativamente superior à TC em posição neutra, corroborando nossa hipótese.

Um estudo anterior, conduzido por Ahn et al.[13], calcula a área sob a curva para o parâmetro rotacional ***a*** na posição neutra e encontra valor de 0,58, resultado consistente com o nosso de 0,62. Nossos resultados mostraram que a medida rotacional ***a*** teve excelentes valores de área sob a curva, atingindo 0,94 para a TC com joelho em extensão e 0,97 para joelho em semiflexão, resultado significativamente superior à TC em posição neutra. Além disso, a área sob a curva das medidas de translação lateral ***c*** e anteroposterior ***f,*** considerando a TC com joelho em extensão ou semiflexão, também foi significativamente superior à TC em posição neutra, porém os valores tiveram desempenho moderado, variando entre 0,70 e 0,81. Os estudos de Ahn et al.[13] e o nosso apontam que a acurácia diagnóstica da TC em posição neutra é insatisfatória e um resultado negativo não afasta instabilidade da sindesmose. In vivo, a literatura é escassa em relação à TC com manobras de estresse e poucos estudos foram feitos. Por exemplo, Chans-Veres et al. avaliam sindesmoses saudáveis com manobras de estresse e encontram ampla variabilidade entre os indivíduos para todas as medidas, porém sem diferenças estatisticamente significativas ao comparar um tornozelo com o lado contralateral do mesmo indivíduo[70]. Concluem que medir os parâmetros de alinhamento da sindesmose só pode ter valor se comparado ao tornozelo contralateral[70]. Em resumo, os estudos de Chans-Veres et al.[70] e o nosso reforçam a importância da comparação com o tornozelo contralateral do mesmo indivíduo, porém os resultados entre os dois estudos não são comparáveis em decorrências das diferentes populações avaliadas.

Em contrapartida, os resultados do nosso estudo corroboraram os estudos sobre biomecânica da sindesmose em cadáver, os quais observam que a maior

tensão ligamentar[49] e a maior translação da fíbula em relação à tibia[52] ocorrem durante manobras de estresse. Embora tenham ocorrido em cenários diferentes, os estudos em cadáver e o nosso reforçam a importância das manobras de estresse para avaliar corretamente a instabilidade da sindesmose.

Além disso, os valores de sensibilidade da medida rotacional ***a*** no cálculo do ponto de corte ideal confirmaram a maior acurácia diagnóstica da TC com manobras de estresse e joelho em extensão ou semiflexão do que a TC em posição neutra com excelente desempenho. Os valores de sensibilidade para os pontos de cortes das medidas ***c*** e ***f*** também confirmaram o melhor desempenho da TC com manobras de estresse do que a TC em posição neutra; no entanto, seus valores foram até duas vezes e meia menores do que a medida rotacional ***a*** e tiveram um desempenho diagnóstico moderado ou ruim. Em nosso estudo, considerando as medidas ***c*** e ***f***, a média das diferenças entre os tornozelos com lesão da sindesmose e o lado contralateral saudável variou entre 0,6 e 1,2 mm. Com um valor tão estreito, pequenas variações nas medidas ***c*** e ***f*** poderiam levar a grandes diferenças no desempenho diagnóstico e explicar os resultados de sensibilidades ruins ou moderados. Em um estudo anterior, conduzido por Pansini[59], o próprio autor aplica uma força manual sobre o maléolo lateral com o objetivo de deslocar a fíbula posteriormente em relação à incisura tibial. Utiliza a TC para análise das imagens e encontra sensibilidade de 36% e especificidade de 90%[59]. Na comparação entre os estudos, a força manual aplicada por Pansini[59] corresponde à medida de translação anteroposterior ***f*** realizada no nosso estudo. Os nossos valores de sensibilidade para a medida ***f*** foram maiores do que os de Pansini[59], alcançando 61% na TC com manobras de estresse e joelho em extensão e 57% com joelho em semiflexão; contudo, os valores de sensibilidade de ambos os estudos têm desempenho insatisfatório e apontam que a translação anteroposterior ***f*** não é um bom parâmetro de acurácia diagnóstica quando comparada ao parâmetro rotacional ***a***.

Em geral, para explicar o melhor desempenho diagnóstico da TC com manobras de estresse e joelho em extensão ou em semiflexão em relação à TC

em posição neutra, seja na análise da área sob a curva ou no ponto de corte ideal, recorrremos ao padrão de lesão ligamentar da sindesmose observado na população do nosso estudo. O padrão mais frequentemente encontrado foi lesão completa isolada dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo ou combinada com estiramento ou lesão parcial do ligamento tibiofibular posteroinferior da sindesmose. Acreditamos que a resiliência do ligamento posteroinferior da sindesmose, mesmo que diminuída ou incompleta nos estiramentos ou lesões parciais, manteve a fíbula reduzida na posição neutra, mas não conseguiu evitar a rotação ou translação da fíbula durante as manobras de estresse.

Uma ressalva importante é que, recentemente, a TC com carga axial em posição ortostática surgiu como um novo exame de imagem e o seu papel diagnóstico na instabilidade da sindesmose ainda está em evolução. Estudos em cadáver mostram que a carga axial isolada não causa deslocamento entre a fíbula e a tíbia[14], mesmo quando dois ligamentos estão rompidos[15], e a rotação externa é essencial para mostrar instabilidade da sindesmose[16–18]. No entanto, estudos in vivo apresentam resultados divergentes[19,20]. Por exemplo, um estudo demonstra que a TC convencional em decúbito dorsal tem melhor acurácia diagnóstica em discriminar a instabilidade da sindesmose do que a TC com carga axial[19], enquanto outro estudo encontra que a TC com carga axial mostra diástase significativamente maior em sindesmoses instáveis do que a TC convencional[20]. A heterogeneidade metodológica entre os estudos clínicos pode explicar os diferentes resultados. No método proposto por nós, o exame de TC foi realizado em decúbito dorsal e durante a tração manual das cordas, o próprio participante aplicou a carga axial e, embora tenha ocorrido, foi de mínima intensidade em comparação à posição ortostática. O nosso estudo não foi desenhado para avaliar o papel da carga axial, mas acreditamos que a pequena carga axial aplicada pelo próprio participante não teve impacto sobre o diagnóstico de instabilidade da sindesmose. Portanto, os estudos de biomecânica em cadáver[16–18] e o nosso reforçam que as manobras de estresse são essenciais para a correta análise de instabilidade da sindesmose.

Em relação às fontes de variabilidade, destacamos algumas. Primeiro, os diferentes graus de lesão ligamentar da sindesmose podem estar associados à hiperestimação ou subestimação dos valores de acurácia diagnóstica. Em teoria, participantes com lesões de maior gravidade teriam maior rotação e translação da fíbula em relação à tíbia e seriam mais fáceis de diagnosticar pela TC em comparação aos participantes com lesões de menor gravidade. Utilizamos a classificação de Sikka[85], que considera a gravidade da lesão de acordo com o número de ligamentos completamente rompidos. Dos 36 participantes com lesão da sindesmose, 8% foram classificados como grau I (lesão do ligamento tibiofibular anteroinferior), 86% como grau II (lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo), 3% como grau III (lesão dos ligamentos tibiofibular anteroinferior, interósseo e tibiofibular posteroinferior). Nenhum participante foi classificado como grau IV (lesão dos três ligamentos da sindesmose e do deltoide). Não foi possível realizar uma análise de subgrupo porque os graus I, III e IV não apresentaram um número expressivo de eventos com poder estatístico para inferências do impacto da gravidade da lesão sobre os resultados. Uma possível explicação para a falta de representatividade de todo o espectro de gravidade da lesão é que este estudo foi realizado num cenário ambulatorial. Os indivíduos com entorse de tornozelo costumam procurar inicialmente atendimento médico no pronto-socorro, ambiente no qual os pesquisadores não tinham acesso ou controle para recrutamento de participantes. Acreditamos que as radiografias diagnosticaram os invíduos com lesões graus III e IV no pronto-socorro, a decisão do tratamento foi prontamente estabelecida e não foram incluídos no estudo. Ao contrário, as radiografias não diagnosticaram as lesões grau II, os indivíduos foram encaminhados para atendimento ambulatorial e, consequentemente, recrutados para o estudo. Também acreditamos que os indivíduos com lesões grau I apresentaram sintomas de menor intensidade e, após alta do pronto-socorro, sentiram-se menos motivados a procurar atendimento ambulatorial e, consequentemente, não foram recrutados para o estudo. A inclusão de um número maior de participantes com lesões graus I, III e IV poderia influenciar o desempenho da TC e os resultados seriam diferentes dos obtidos. Os indivíduos com lesões graus III e IV aumentariam a acurácia diagnóstica da TC em posição neutra,

potencialmente indicando que as manobras de estresse seriam desnecessárias para estas duas categorias. Por outro lado, seria mais difícil diagnosticar a menor rotação e translação da fíbula em relação à tíbia nos participantes com lesões grau I e potencialmente reduziria a acurácia diagnóstica da TC com manobras de estresse. O viés de espectro em relação à gravidade da lesão foi a principal limitação do estudo atual e os resultados encontrados não podem ser extrapolados para indivíduos com lesões graus I, III e IV.

Como segunda fonte de variabilidade, acreditávamos que os participantes com queixas de desconforto ou dor teriam dificuldade em realizar as manobras de estresse, e os valores de acurácia diagnóstica seriam subestimados em relação ao subgrupo assintomático. Dos 68 participantes, cerca de um terço não manifestou queixas (assintomático), cerca de um terço relatou desconforto e cerca de um terço manifestou dor. Apesar da alta taxa de queixas relacionadas a desconforto ou dor, todos os indivíduos toleraram o método e não houve desistências. A análise da acurácia diagnóstica mostrou que o desempenho dos três subgrupos foi semelhante, sem diferença significativa. Consideramos que as queixas dos participantes durante as manobras de estresse não influenciaram na acurácia diagnóstica dos testes de TC, e, portanto, não foram uma fonte de viés.

Como terceira fonte de variabilidade, esperávamos que, apesar das manobras de estresse terem sido padronizadas na fase de planejamento do estudo, um grau inerente de variabilidade poderia ocorrer e impactar nos resultados. Para alcançar os valores predeterminados, as manobras dependiam do empenho do examinador e do participante. O examinador controlava a rotação externa dos tornozelos e a semiflexão dos joelhos, e o participante controlava a extensão dos tornozelos. Investigamos a influência dos diferentes graus das manobras de estresse nos valores de acurácia diagnóstica. Acreditávamos que os graus menores poderiam subestimar os resultados. Na análise de subgrupos, a acurácia diagnóstica dos graus menores obteve desempenho semelhante aos graus maiores. Consideramos que os graus das

manobras de estresse não influenciaram nos resultados e, portanto, não foram uma fonte de viés.

Sobre as limitações deste estudo, ressaltamos algumas. Primeiro, optamos por incluir indivíduos somente na fase aguda. Consideramos que o diagnóstico de instabilidade tem maior impacto na fase aguda, permitindo o tratamento adequado e evitando a evolução para a fase crônica. Selecionamos os indivíduos com primeiro episódio de entorse e intervalo de até 3 semanas entre a data do entorse e a data de realização dos exames de imagem. Tal informação dependia da memória do participante e poderia ser equivocada. Para evitar esse possível viés de seleção, avaliamos também a presença de tecido fibrocicatricial nos ligamentos da sindesmose, colaterais laterais ou deltoide durante a leitura das imagens de RM. Os indíviuos com alterações fibrocicatriciais ligamentares positivas foram classificados como lesão crônica e excluídos da análise. Os resultados do nosso estudo não permitem fazer inferências sobre a fase crônica, mas acreditamos que a formação de tecido fibrocicatricial na topografia ligamentar poderia reduzir o grau de rotação e translação da fíbula em relação à tíbia e impactar os resultados obtidos. Com a inclusão de casos crônicos, os valores de acurácia diagnóstica seriam inferiores aos resultados obtidos somente com a fase aguda. A inclusão de apenas casos agudos é uma limitação deste estudo e os resultados encontrados não podem ser extrapolados para a fase crônica. Outro ponto a ser considerado é que, em teoria, também seria possível apresentar lesão ligamentar aguda simultânea da sindesmose e dos colaterais laterais, porém trata-se de um evento raro em virtude dos diferentes mecanismos de entorse[75] e não encontramos nenhum indivíduo com essas características na população estudada.

Como segunda limitação, escolhemos a RM como padrão de referência. Se o padrão de referência não fosse 100% exato, a TC poderia diagnosticar corretamente o participante com ou sem lesão da sindesmose, porém seria incorretamente classificado pela RM. Nessa situação, uma subestimação do desempenho da TC seria esperada. A TC também poderia diagnosticar incorretamente o participante com ou sem lesão da sindesmose e a RM o

classificaria corretamente quando na verdade seria o oposto. Neste segundo cenário, uma hiperestimação do desempenho da TC seria esperada. Portanto, um padrão de referência inexato poderia afetar o desempenho da TC nas duas direções. Este estudo utilizou a RM como teste padrão de referência, que não é perfeita, mas tem resultados de acurácia diagnóstica muito próximos da artroscopia[21]. A artroscopia é o método considerado padrão-ouro, com 100% de sensibilidade e 100% de especificidade[55]. Consideramos que a possibilidade de viés em relação à escolha do teste padrão de referência, embora possa ter ocorrido, foi minimizada com a escolha da RM e não foi uma limitação.

Como terceira limitação, acreditamos que outros laboratórios de radiologia devam encontrar dificuldades para implantar a TC com manobras de estresse na rotina de exames e reproduzir os resultados alcançados neste estudo. Embora o equipamento de TC fosse extremamente rápido com tempo de aquisição das imagens menor que um minuto para cada fase do exame, o tempo médio total para a realização das três fases foi de 24,7 min. Em cerca de 16% (11/68) dos exames de TC, ocorreram artefatos de movimentação com a necessidade de nova orientação verbal do participante, retreinamento das manobras de estresse e repetição das imagens. Observamos que se trata de um método trabalhoso e demorado, exigindo maior empenho do examinador e maior colaboração do participante. Uma alternativa para reduzir o tempo de exame e facilitar a reprodutibilidade do novo método seria diminuir o número de fases. A revisão dos conceitos atuais sobre o tratamento das lesões da sindesmose pode ajudar na avaliação da importância da TC em posição neutra e verificar se essa fase pode ser abolida. Este estudo não foi desenhado para fazer inferências sobre o tratamento, mas os resultados ajudam na tomada de decisão do tratamento. Classicamente, o sistema de graduação *West Point* classifica as lesões da sindesmose em três categorias de instabilidade para gerenciar o tratamento[2]. A lesão isolada do ligamento tibiofibular anteroinferior da sindesmose não causa instabilidade e define o grau I. A lesão conjunta dos ligamentos tibiofibular anteroinferior e interósseo da sindesmose define o grau II, o qual pode ser dividido em IIA (estável) e IIB (instável). Por último, a lesão combinada dos ligamentos tibiofibular anteroinferior, interósseo e tibiofibular

posteroinferior da sindesmose causa franca instabilidade e define o grau III. Indivíduos com lesão grau I mantêm a relação articular tibiofibular habitual nas fases neutra e com manobras de estresse e são tratados de forma conservadora[4,98]. A controvérsia no tratamento surge no grau II, onde os indivíduos podem se comportar de duas maneiras. No primeiro grupo, a relação articular está preservada nas fases neutra e com manobras de estresse. No segundo grupo, a relação articular está preservada na fase neutra, porém há instabilidade latente diagnosticada somente durante as manobras de estresse. Na prática, durante as discussões de casos com os colegas ortopedistas sobres as lesões grau II, observamos que as opiniões dos especialistas em tornozelo e pé divergem, e ouvimos relatos de bons resultados tanto com o tratamento conservador quanto com o cirúrgico. Nas lesões grau III, há instabilidade franca nas fases neutra e com manobras de estresse, e o tratamento é cirúrgico[4,98]. Em resumo, a TC em posição neutra foi um divisor de águas fundamental na graduação de instabilidade e, portanto, não pode ser abolida. Em relação à importância das fases com manobras de estresse, recorremos aos conceitos sobre biomecânica para verificar se uma das fases poderia ser abolida. Este estudo não teve como objetivo detectar diferenças entre as manobras de estresse com joelhos em extensão ou semiflexão; no entanto, para essa população de 68 indivíduos, a análise secundária mostrou que a acurácia diagnóstica do parâmetro rotacional ***a*** foi semelhante entre elas, indicando que uma fase pode ser abolida. Do ponto de vista biomecânico, a rotação externa do tornozelo com o joelho em extensão produz menor estresse sobre a sindesmose do que com o joelho em semiflexão. A rotação externa com joelho em extensão não é um movimento isolado do tornozelo, mas sim combinado com a rotação do quadril. O contrário ocorre com o joelho em semiflexão, pois não há influência do quadril e a rotação externa do tornozelo concentra o estresse sobre a sindesmose. Portanto, acreditamos que a fase em semiflexão do joelho foi mais adequada do que a extensão para testar a sindesmose. Frente aos argumentos sobre tratamento e biomecânica, acreditamos que o exame otimizado ideal seria composto pela posição neutra e pela manobra de estresse com joelho em semiflexão, enquanto a manobra de estresse com joelho em extensão seria

eliminada. A otimização proposta deve facilitar a reprodutibilidade do novo método para a rotina clínica de outros centros diagnósticos.

Em relação aos pontos fortes do estudo atual, destacamos dois aspectos. Primeiro, o desenho de estudo com a coleta prospectiva de dados permitiu que os pesquisadores controlassem de perto o fluxo de participantes e resultou num pequeno número (n = 4) de resultados ausentes e inválidos de TC ou RM. De acordo com as diretrizes do STARD, resultados ausentes ou inválidos dos testes índices e padrão de referência são frequentes em qualquer pesquisa médica[86]. A simples exclusão pode levar à perda de acurácia diagnóstica e introdução de viés, principalmente se a frequência de dados faltantes ou inválidos são maiores nos participantes com diagnóstico alvo[86]. O STARD recomenda que os dados faltantes ou inválidos sejam relatados separadamente dos resultados válidos, incluindo as características dos participantes[86]. Neste estudo, três participantes não realizaram a RM e potencialmente poderiam ser uma fonte de viés por verificação incompleta. Questões administrativas motivaram a não realização dos três exames. Um participante apresentou resultado inválido na TC com manobras de estresse e joelhos em semiflexão por erro técnico durante a aquisição das imagens. Observamos que se trata de uma quantidade pequena, incidental e aleatória de resultados ausentes ou inválidos, não relacionados às características dos participantes ou aos diagnósticos de lesão ligamentar da sindesmose, deltoide ou colaterais laterais. Optamos em fazer a análise dos dados utilizando os casos completos. Incluímos os participantes com TC e RM válidos e excluímos os participantes com testes ausentes ou inválidos. Embora não tenha sido possível realizar uma análise de sensibilidade, consideramos que o pequeno número de dados faltantes ou inválidos foi um ponto forte deste estudo, pois não teve poder estatístico para impactar os resultados de acurácia diagnóstica e ser uma fonte de viés.

Como segundo ponto forte, considerando a classificação de *West Point*[2]*,* os resultados deste estudo mostraram que a TC com manobras de estresse teve alta acurácia diagnóstica para diferenciar lesões grau IIA estáveis de grau IIB instáveis, e preencheu uma lacuna. A literatura sobre a lesão grau II é escassa[99].

Uma revisão sistemática recente conclui que as evidências atuais são fracas e é impossível diferenciar lesões IIA estáveis de lesões IIB instáveis[99]. Consequentemente, não se sabe qual lesão grau II se beneficiaria do tratamento conservador ou cirúrgico[99]. Acreditamos que estudos futuros sobre tratamento, utilizando como ferramenta diagnóstica a TC com manobras de estresse, produzirão evidências mais robustas para orientar o controverso tratamento da lesão grau II.

Como perspectiva futura, vislumbramos uma oportunidade de melhoria diante das dificuldades encontradas na fase de execução deste estudo. Em parceria com o setor de inovação, desenvolvemos o projeto de uma nova prancha de tornozelo com o propósito de reduzir a dependência do examinador e do participante, padronizar as manobras de estresse, encurtar o tempo de exame e diminuir o número de repetições das imagens (anexo M). Atualmente, estamos na fase de desenvolvimento de um protótipo em escala real que possa ser testado e validado. Em outubro de 2020, o projeto da nova prancha tornou-se uma patente no Instituto Nacional da Propriedade Industrial registrada sob o número BR 10 2020 020452 1.

Também observamos que as medidas manuais realizadas nos testes de TC foram trabalhosas e demoradas. Recentemente, tivemos a oportunidade de estabelecer uma parceria de colaboração científica com um grupo de pesquisa internacional: *Department of Orthopaedic and Rehabilitation, University of Iowa, Carver College of Medicine*. O grupo de pesquisa americano desenvolveu um programa de análise volumétrica 3D que permite, de maneira automatizada e mais rápida, identificar instabilidade da sindesmose. Atualmente, os Comitês de Ética das instituições envolvidas já aprovaram a parceria e estamos em fase de planejamento do protocolo científico. O objetivo principal será medir a acurácia diagnóstica do programa automatizado e comparar com o método manual em uma amostra de participantes com entorse de tornozelo. Esta parceria científica disseminará o conhecimento adquirido para a comunidade médica e para a sociedade. Pesquisadores brasileiros e americanos pretendem participar conjuntamente em congressos nacionais, internacionais, publicações de artigos

científicos em revistas indexadas, comunicações em redes sociais e palestras abertas ao público em geral.

7. CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo confirmaram que, para diagnóstico da instabilidade da sindesmose na fase aguda pós-entorse do tornozelo, a tomografia computadorizada com manobras de estresse teve acurácia significativamente superior à tomografia computadorizada em posição neutra.

8. ANEXOS

8 ANEXOS

Anexo A - Aprovação pela Comissão de Ética do Hospital Israelita Albert Einstein

ALBERT EINSTEIN
INSTITUTO ISRAELITA DE ENSINO E PESQUISA

HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN-SP

Plataforma Brasil

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DE INSTABILIDADE DA SINDESMOSE TIBIOFIBULAR DISTAL POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA SOB ESTRESSE EM PACIENTES COM ENTORSE DE TORNOZELO

Pesquisador: Rafael Seiji Kubo

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 62100016.5.0000.0071

Instituição Proponente: Hospital Israelita Albert Einstein-SP

Patrocinador Principal: Hospital Israelita Albert Einstein-SP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.911.564

Apresentação do Projeto:

Analise das pendencias observadas no parecer n 1.876.147

Objetivo da Pesquisa:

Comparar a TCME em tornozelos com e sem lesão ligamentar da STFD, para realizar o diagnóstico de instabilidade sem abertura franca da sindesmose, situação que necessita de tratamento específico

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo o pesquisador:

Os exames de "tomografia computadorizada sob estresse" são indicados pelo médico ortopedista e apenas usaremos estas imagens para nosso

trabalho. Os riscos envolvidos são mínimos. As imagens serão feitas com o seu tornozelo em dorsiflexão e rotação externa dos pés, caso o Sr.(a)

consiga. Lembramos que a tomografia computadorizada da região do tornozelo não traz risco adicional significativo ao organismo. As imagens

adicionais para a pesquisa não envolvem uso de contraste endovenoso.

Benefícios:

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br

ALBERT EINSTEIN INSTITUTO ISRAELITA DE ENSINO E PESQUISA HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN-SP Plataforma Brasil

Continuação do Parecer: 1.911.564

Não há dados bem estabelecidos na literatura relacionados ao diagnóstico de instabilidade articular do tornozelo.Este trabalho, portanto, pode
contribuir como um método para diagnóstico de instabilidade da articulação do tornozelo

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

-

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE está redigido em linguagem clara e acessível, utilizando-se das estratégias mais apropriadas à cultura, faixa etária, condição socioeconômica e autonomia dos convidados a participar da pesquisa

Recomendações:

De acordo com a Res. CNS 466/12, o pesquisador deve apresentar ao CEP/Einstein os relatórios semestrais e o relatório final (submeter documentação através da Plataforma Brasil - ícone Notificação).

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As seguintes pendencias foram observadas nessa avaliação:

1-O TCLE contem termos técnicos que podem ser de dificil entendimento do participante de pesquisar. Favor utilizar linguagem clara, simples e popular para que o participante possa entender o estudo. Exemplo: "manobra dinâmica simultânea"; "sindesmose tibiofibular"; "dorsiflexão"; PENDENCIA ATENDIDA
2-No TCLE está descrito que o participante apenas responderá um questionário sobre os sintomas do seu tornozelo. Porém, no projeto consta diversos procedimentos que serão realizados na pesquisa, como por exemplo, exame físico pelos pesquisadores, análises de imagem, etc. Todos os procedimentos realizados no âmbito da pesquisa devem estar descritos no termo, mesmo que alguns façam parte da rotina do atendimento. PENDENCIA ATENDIDA
3-Descrever as alternativas caso ele não queira participar do estudo. Por exemplo: se não quiseres

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br

ALBERT EINSTEIN INSTITUTO ISRAELITA DE ENSINO E PESQUISA HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN-SP Plataforma Brasil

Continuação do Parecer: 1.911.564

fazer parte desta pesquisa, você seguirá com os procedimentos habituais, não havendo nenhum dano a você ou ao seu tratamento. PENDENCIA ATENDIDA
4-Atualizar cronograma de estudo, a coleta e análise de dados somente poderá ter inicio após aprovação do CEP Einstein. PENDENCIA ATENDIDA

Apos adequação as pendencias, os seguintes documentos foram Aprovados:
1-Projeto de Pesquisa - Versao 3 datada de 31 de Janeiro de 2017;
2-Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Versao 3 datada de 31 de Janeiro de 2017.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_781122.pdf	02/02/2017 15:40:27		Aceito
Outros	Carta_CEP.pdf	02/02/2017 15:40:08	Rafael Seiji Kubo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_V3_31jan2017.pdf	02/02/2017 15:34:32	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetodepesquisav3_31Jan2017.pdf	02/02/2017 15:33:31	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Outros	termo_de_compromisso.pdf	17/11/2016 17:44:00	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Outros	declaracao_de_responsabilidade_seres_humanos.pdf	17/11/2016 17:43:20	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRostoV2.pdf	11/11/2016 09:39:35	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Outros	RelatorioEstatisticaPlanejamento_20160830.pdf	22/09/2016 13:45:09	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Outros	termodeanuenciaparticipantes.pdf	06/09/2016 09:44:20	Rafael Seiji Kubo	Aceito
Outros	Termogestor.pdf	06/09/2016 09:43:38	Rafael Seiji Kubo	Aceito

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br

HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN-SP

Continuação do Parecer: 1.911.564

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO PAULO, 08 de Fevereiro de 2017

Assinado por:
Fabio Pires de Souza Santos
(Coordenador)

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br

Anexo B - Aprovação pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

USP - HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DE INSTABILIDADE DA SINDESMOSE TIBIOFIBULAR DISTAL POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA SOB ESTRESSE EM PACIENTES COM ENTORSE DE TORNOZELO

Pesquisador: Alexandre Leme Godoy dos Santos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 62100016.5.2001.0068

Instituição Proponente: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

Patrocinador Principal: SOCIEDADE BENEF ISRAELITABRAS HOSPITAL ALBERT EINSTEIN

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.965.321

Apresentação do Projeto:

Trata-se de estudo observacional transversal em 20 pacientes com lesão ligamentar unilateral da sindesmose tíbiofibular distal (STFD), previamente diagnosticados por exame físico e RM. Centro Coordenador: SOCIEDADE BENEFICIENTE ISRAELITA BRAS HOSPITAL ALBERT EINSTEIN

Pesquisador responsável Centro Coordenador:

Dr. João Carlos Rodrigues

Os autores encaminham emenda oa projeto de pesquisa (versão 4.1 de 23 de fevereiro de 2018). Informam que as modificações no alteram os objetivos nem a metodologia do estudo, apenas descrevem o estudo com maiores detalhes, além da inclusão de um novo questionário para tornar o desfecho do estudo mais robusto. Os autores incluem ainda um novo centro co-participante para a coleta dos exames de tomografia computadorizada: INCOR.

Objetivo da Pesquisa:

Hipótese do Estudo:

• Tornozelos com instabilidade articular (sem achados radiográficos evidentes) podem ser demonstrados ao estudo de tomografia computadorizada (TC) sob estresse.

Objetivo Primário:

• Determinar que a TC com manobras de estresse é superior a TC em repouso para o diagnóstico

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

Continuação do Parecer: 2.965.321

da instabilidade da sindesmose tíbiofibular distal (STFD).
Objetivo Secundário:
• Determinar a relação entre os testes clínicos de exame físico com os achados da TC com manobras de estresse (TCME);
• Determinar a relação entre o grau de lesão ligamentar diagnosticada pela ressonância magnética (RM) e os achados da TCME;
• Determinar a concordância inter-observador da TCME;
• Determinar o desfecho funcional dos pacientes utilizando o questionário Foot and Ankle Ability Measure (FAAM).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Riscos:
Os riscos envolvidos são mínimos.
Benefícios:
Não há dados bem estabelecidos na literatura relacionados ao diagnóstico de instabilidade articular do tornozelo. Este trabalho, portanto, pode
contribuir como um método para diagnóstico de instabilidade da articulação do tornozelo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
O estudo é relevante e trará benefícios diagnósticos para as pessoas com entorse de tornozelo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
O TCLE é claro e informa de maneira detalhada todas os procedimentos que serão realizados, o tempo de duração aproximado de cada exame, os potenciais riscos e os benefícios do estudo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:
Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:
Em conformidade com a Resolução CNS nº 466/12 – cabe ao pesquisador: a) desenvolver o projeto conforme delineado; b) elaborar e apresentar relatórios parciais e final; c)apresentar dados solicitados pelo CEP, a qualquer momento; d) manter em arquivo sob sua guarda, por 5 anos da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP; e) encaminhar os resultados para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico participante do projeto; f) justificar perante ao CEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

USP - HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE

Continuação do Parecer: 2.965.321

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1099840.pdf	23/07/2018 10:04:29		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_CAPPesq230718.docx	23/07/2018 10:04:09	Alexandre Leme Godoy dos Santos	Aceito
Folha de Rosto	FR_drjoao180718.pdf	18/07/2018 11:10:12	Alexandre Leme Godoy dos Santos	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetodepesquisasindesmose.docx	04/07/2018 19:10:15	Alexandre Leme Godoy dos Santos	Aceito
Outros	projeto_assinado.pdf	18/04/2018 11:33:49	Alexandre Leme Godoy dos Santos	Aceito
Outros	declaracoes_de_anuencia.pdf	18/04/2018 11:33:12	Alexandre Leme Godoy dos Santos	Aceito
Cronograma	cronograma_sindemose.docx	18/04/2018 11:30:46	Alexandre Leme Godoy dos Santos	Aceito
Outros	Carta_Justificativa_Emenda.pdf	26/02/2018 15:38:00	joão carlos rodrigues	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_sindesmose_hiae_hc_alteracoes_destacadas.docx	26/02/2018 15:37:38	joão carlos rodrigues	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_sindesmose_hiae_hc.docx	26/02/2018 15:37:28	joão carlos rodrigues	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Versao_03_1_Fevereiro2018_alteracoes_destacadas.docx	26/02/2018 15:37:14	joão carlos rodrigues	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Versao_03_1_Fevereiro2018.docx	26/02/2018 15:37:04	joão carlos rodrigues	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

USP - HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE

Continuação do Parecer: 2.965.321

SAO PAULO, 17 de Outubro de 2018

Assinado por:
ALFREDO JOSE MANSUR
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

Anexo C - Termo de consentimento livre e esclarecido

ETIQUETA PACIENTE
Nome:_____
Data de Nasc.:___/___/___Prontuário:_____
Exames(s):_____

Rubrica
Paciente: _____
Investigador:_____

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Introdução

Você foi convidado para participar voluntariamente do estudo intitulado: ***Avaliação de instabilidade da sindesmose tibiofibular distal por tomografia computadorizada sob estresse em pacientes com entorse de tornozelo***. Se você decidir fazer parte dele, precisará saber das possibilidades de riscos e benefícios e confirmar sua participação através do termo de consentimento livre e esclarecido.

Este documento esclarece sobre o estudo que você poderá participar. Se você tiver qualquer pergunta, por favor, sinta-se à vontade para entrar em contato com o médico responsável pela condução do estudo ou com algum profissional que participa do estudo e que possa esclarecer suas dúvidas.

A decisão de fazer parte do estudo é **voluntária** e você pode recusar ou retirar-se do estudo a qualquer momento sem nenhum tipo de conseqüência para o seu tratamento.

O objetivo dessa pesquisa é determinar o grau de frouxidão articular do seu tornozelo, após episódio de torção, utilizando o método de imagem de tomografia computadorizada em diferentes posições do pé durante a realização do exame.

Procedimentos realizados neste protocolo

Caso aceite participar do estudo, antes da realização do exame de imagem de tomografia, será solicitado que você responda 1 questionário. O questionário terá perguntas específicas sobre o episódio de torção do tornozelo como: o tempo decorrido, o lado afetado, número de episódios, se ocorreu durante atividade esportiva, durante trauma ou queda de altura, presença e localização de dor, sensação de falseio, entre outras perguntas direcionadas. O tempo estimado para preenchimento do questionário é de cerca de 5 minutos.

O exame de tomografia computadorizada que foi indicado pelo seu médico não vai sofrer nenhuma perda de qualidade. Durante a realização do exame, sob a orientação do biomédico e/ou médico radiologista presentes, o seu pé estará apoiado sobre uma prancha auxiliar de acrílico e será solicitado que você mude a posição do seu pé, rodando ele para fora e para cima, permanecendo em três posições diferentes para aquisição das imagens, com tempo total de permanência na sala de exames estimado em cerca de 10 a 15 minutos. Caso você sinta dor durante o exame, avise o biomédico e/ou médico presentes, os quais farão mudanças para se obter uma posição mais confortável.

As imagens obtidas no exame de tomografia computadorizada serão avaliadas por dois médicos radiologistas, com a realização de várias medidas específicas do seu tornozelo, as quais tem objetivo de identificar o grau de frouxidão articular.

Rubrica
Paciente: _____
Investigador:_____

Na consulta inicial ou de retorno com o seu ortopedista, o qual solicitou a realização do exame de tomografia, serão realizados testes específicos de exame físico direcionados para avaliar o grau de frouxidão articular do seu tornozelo, ficando os resultados destes testes registrados no seu prontuário médico.

Riscos e inconveniências

Os riscos envolvidos são mínimos relacionados ao possível desconforto durante a realização da tomografia e dos testes clínicos em decorrência da presença de dor. Avise o biomédico e/ou médico radiologista durante a realização da tomografia e o ortopedista durante a realização do exame clínico para que uma posição mais confortável seja obtida.

A tomografia dos tornozelos com mudança de posicionamento dos pés não traz risco adicional a sua saúde. Não haverá uso de contraste endovenoso durante a realização do exame de tomografia computadorizada.

Também poderá haver desconforto durante o preenchimento do questionário que é estimado em 5 minutos no dia do exame de tomografia. Algumas questões podem ser sensíveis por natureza, caso você não se sinta confortável em respondê-las, informe o pesquisador.

Todas as suas informações clínicas ou de imagem e quaisquer outros dados que possam identificá-lo serão ocultados e mantidos de forma sigilosa.

Benefício do tratamento

Não haverá nenhum benefício direto para você, durante o tempo de realização desta pesquisa, mas as informações obtidas sobre os resultados da tomografia, dos testes clínicos e questionário poderão beneficiar futuros pacientes que venham a realizar o mesmo procedimento.

Alternativa (s) à participação no estudo

Caso você decida não fazer parte do estudo ou desista, o questionário não será preenchido, o apoio em prancha de acrílico e a mudança de posição do seu pé durante o exame de tomografia não serão realizados. Será realizado a tomografia convencional do tornozelo em posição neutra dos pés, e não haverá nenhum prejuízo ao seu tratamento, o qual continuará seguindo a rotina clinica estabelecida pelo seu médico.

Rubrica

Paciente: _____

Investigador:_____

Direitos do participante

Sua participação é voluntária e você pode retirar seu consentimento ou ainda descontinuar sua participação em qualquer momento, se o assim o preferir, sem penalização e/ou prejuízo de qualquer natureza. Não haverá nenhum custo a você proveniente deste estudo, assim como não haverá qualquer tipo de remuneração pela sua participação. Ao assinar este termo você não abre mão de nenhum direito legal.

Deveres do participante

Assim como você têm direitos, existem também deveres que você deverá cumprir caso tome a decisão de participar desta pesquisa. As principais obrigações são: responder ao questionário no período estabelecido, seguir o cronograma do estudo, realizar os procedimentos solicitados, conforme orientação da equipe responsável pelo estudo; informar ao pesquisador qualquer alteração no estado de saúde ocorrida e também as medicações utilizadas no período; informar qualquer efeito inesperado ao pesquisador o mais rapidamente possível.

Danos à Saúde

Não são previstos danos a sua saúde participando deste estudo.

Indenização

Caso você venha a sofrer qualquer tipo de dano, resultante de sua participação na pesquisa, dano este previsto ou não neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, você terá direito a indenização.

Confidencialidade

A equipe do estudo e a equipe assistencial, terão acesso a seus dados, no entanto, seu anonimato é garantido e possíveis publicações cientificas resultantes deste estudo não o (a) identificará em nenhuma circunstância como participante. Os dados obtidos serão tratados sob estritas condições de confidencialidade.

Os seus dados também poderão ser compartilhados com os seguintes grupos / pessoas associadas a este estudo de pesquisa ou envolvidos na revisão de pesquisas: outros funcionários da equipe de pesquisa do Pesquisador Responsável, equipe do Centro de Pesquisa Clínica, o Comitê de Ética em Pesquisa e o Departamento Jurídico; e também os representantes do governo ou agências federais, quando exigido por lei. Caso surjam novas informações que possam ser importantes à sua decisão de continuar na pesquisa, você ou seu representante legal serão informados assim que os dados estejam disponíveis.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), cuja função é o de aprovar os estudos envolvendo seres humanos.

Rubrica

Paciente: _____

Investigador:_____

Para qualquer dúvida geral e/ou relacionada a direitos do participante (direito a informação clara, relacionado a custos, acompanhamento médico e hospitalar em caso de danos decorrentes da participação na pesquisa, confidencialidade de dados, acesso a resultados), entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa no telefone 11 2151 3729/ FAX 11 2151-0273/ e-mail cep@einstein.br

Para qualquer dúvida relacionada ao estudo, por favor, sinta-se a vontade para entrar em contato com os médicos responsáveis pela condução do estudo, Dr. Laércio Alberto Rosemberg (laercio.rosemberg@einstein.br) e Dr Rafael Kubo no telefone: 11 2151-2452, endereço Av. Albert Einstein, 627, bloco D, 4 andar (sala de laudos).

Reclamações, elogios e sugestões deverão ser encaminhadas ao Sistema de Atendimento ao Cliente (SAC) por meio do telefone (11) 2151-0222 ou formulário identificado como "fale conosco" disponível na página da pesquisa clínica ou pessoalmente.

Assinaturas de Consentimento

Fui informado de todos os detalhes relacionados ao estudo ao qual serei submetido. Entendo que sou livre para aceitar ou recusar a participar e que posso retirar-me do estudo em qualquer ocasião, sem nenhuma conseqüência para a continuação de meu tratamento.

Concordo que os dados coletados para o estudo serão usados para os fins descritivos acima, e que serão mantidos sob sigilo e confidencialidade e entendo também que o material coletado será usado para exclusivamente para responder as perguntas dessa pesquisa e para garantir minha segurança.

Ao assinar este termo de consentimento não estarei abrindo mãos de meus direitos legais.

Li e entendi as informações apresentadas neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Pude fazer perguntas e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Receberei uma via assinada e datada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Rubrica

Paciente: _____

Investigador:_____

_____

Nome Completo do participante da pesquisa

_____ Data:___/___/___

Assinatura do participante da pesquisa

_____

Nome completo e legível do pesquisador responsável

_____Data:___/___/___

Assinatura do pesquisador responsável

_____

Nome completo do representante legal

_____ Data:____/____/____

Assinatura do representante legal

_____

Relação do representante legal com o paciente

_____

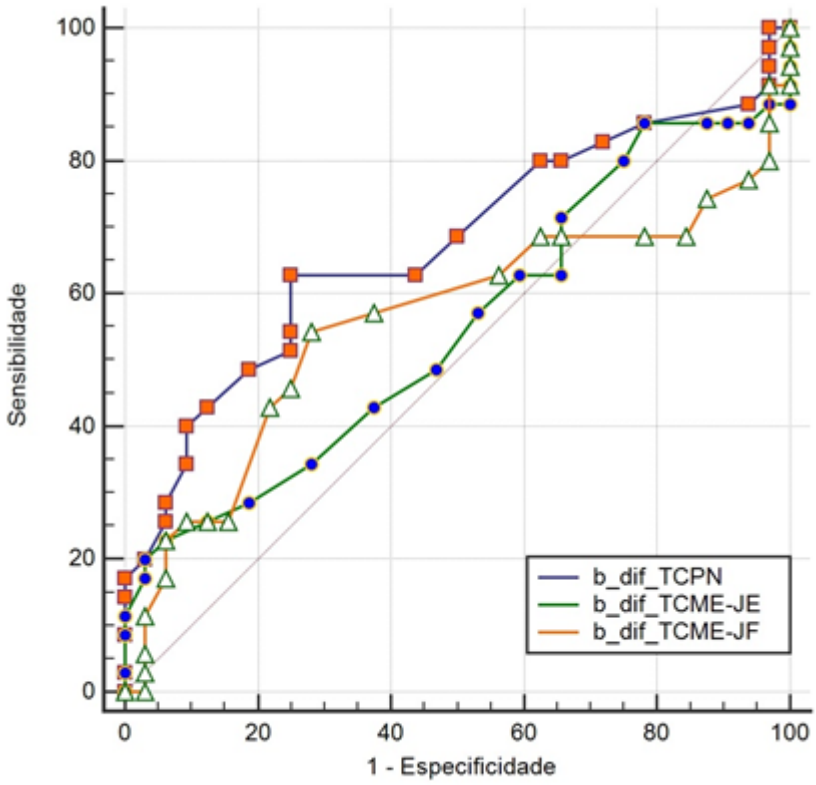
Nome completo da testemunha imparcial

****para casos de voluntários menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.**

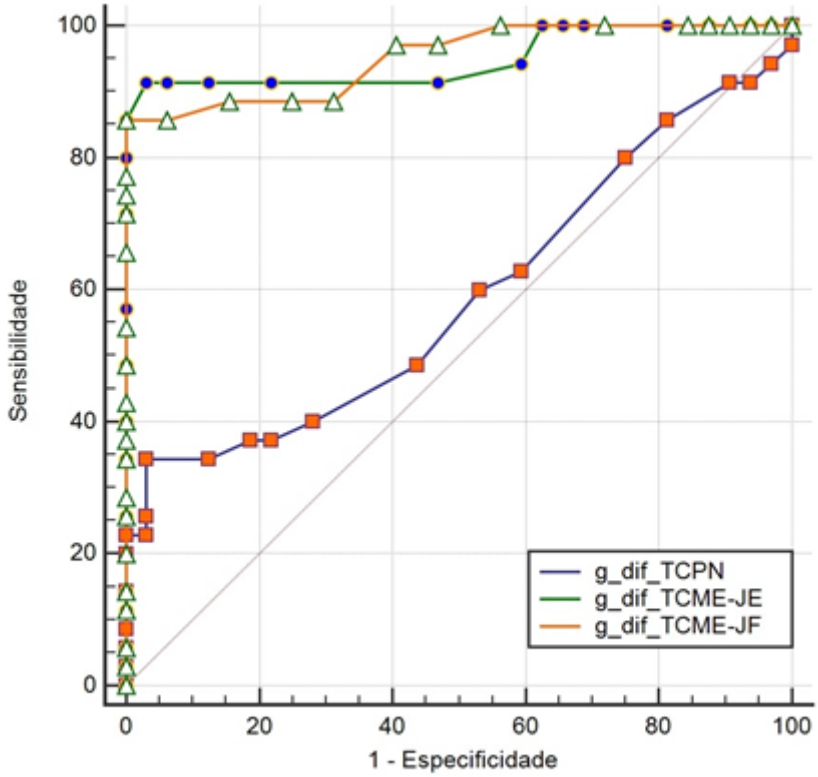
_____ Data:____/____/____

Assinatura da testemunha imparcial

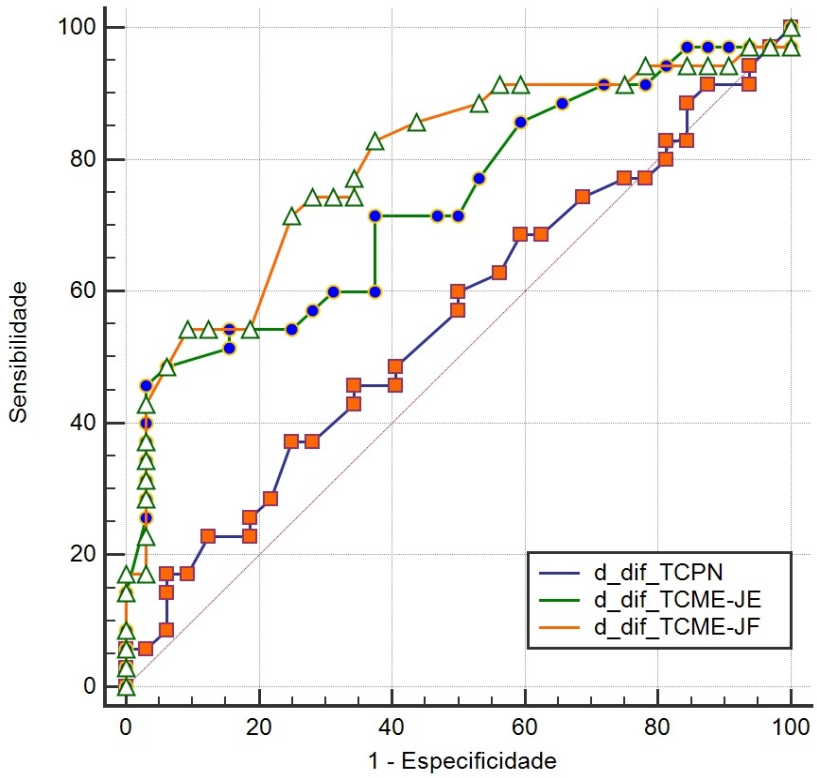
Anexo D - Curva ROC para o parâmetro b_dif nos três testes de TC



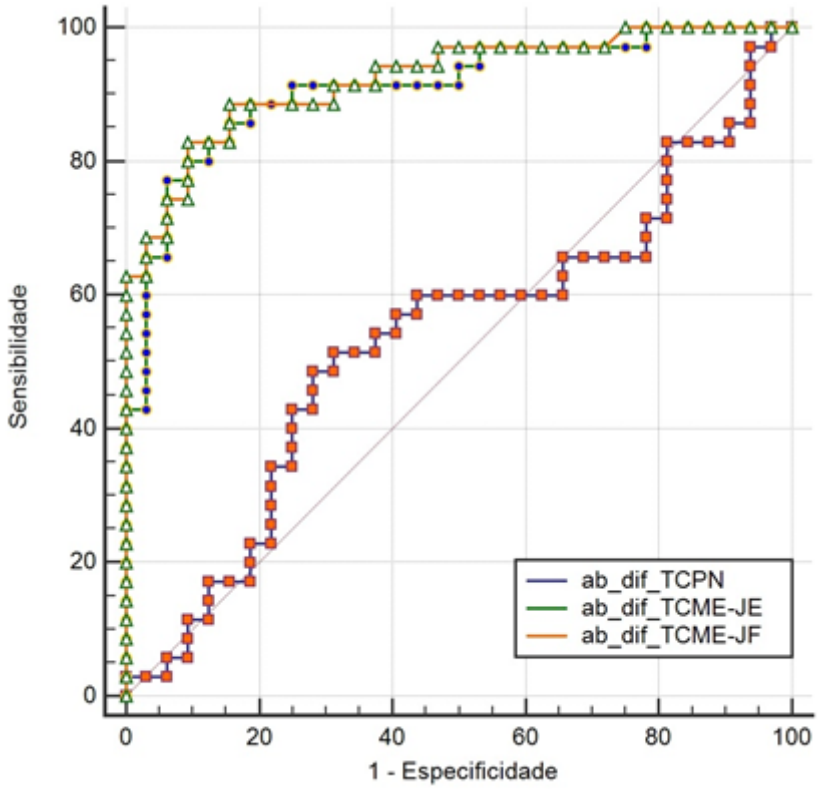
Anexo E - Curva ROC para o parâmetro g_dif nos três testes de TC



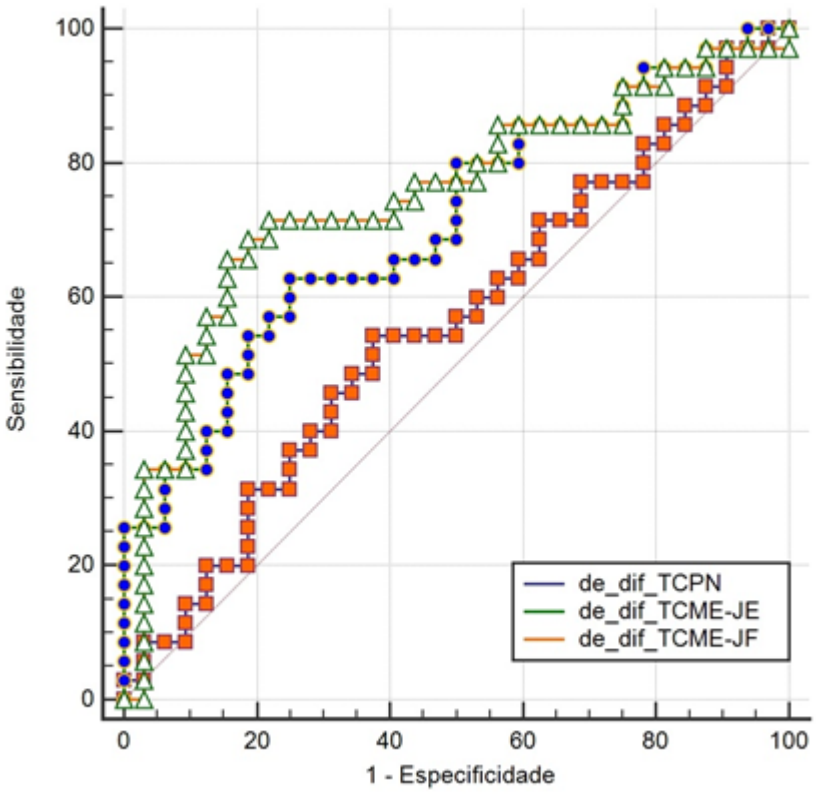
Anexo F - Curva ROC para o parâmetro d_dif nos três testes de TC



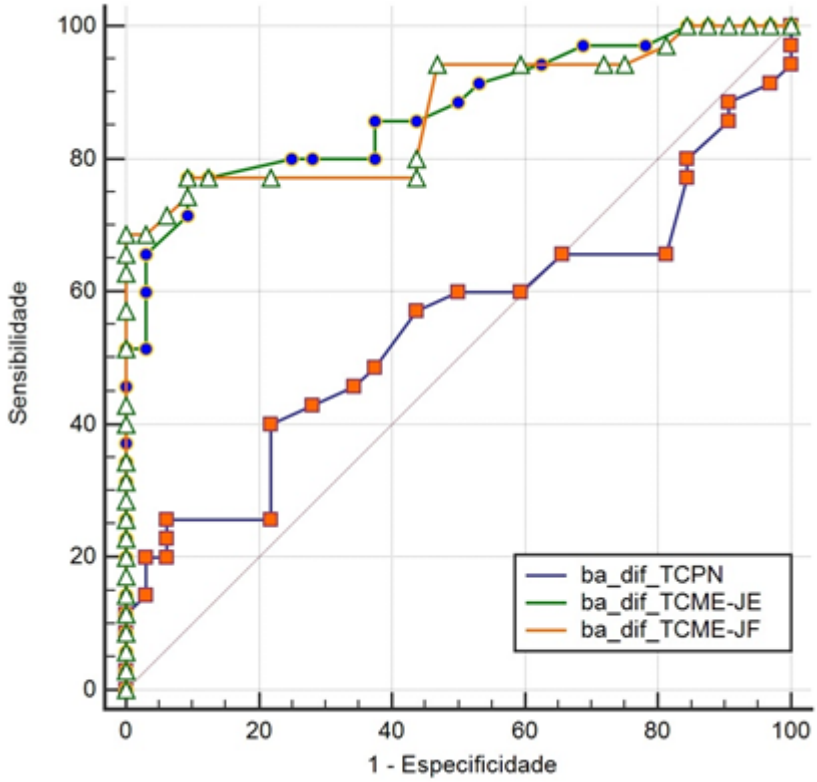
Anexo G - Curva ROC para o parâmetro rotacional ab_dif nos três testes de TC



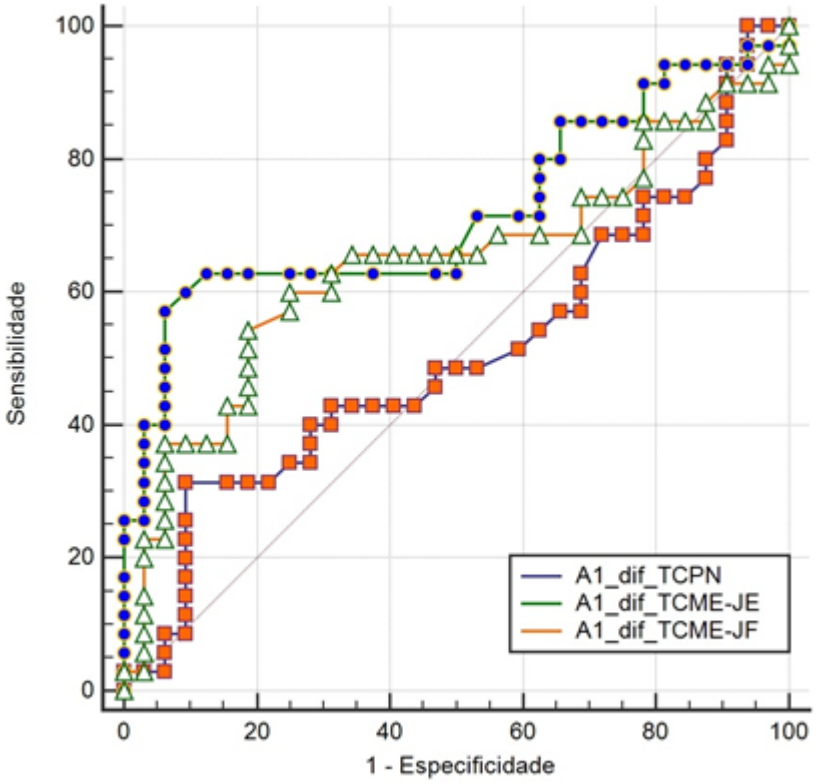
Anexo H - Curva ROC para o parâmetro de_dif nos três testes de TC



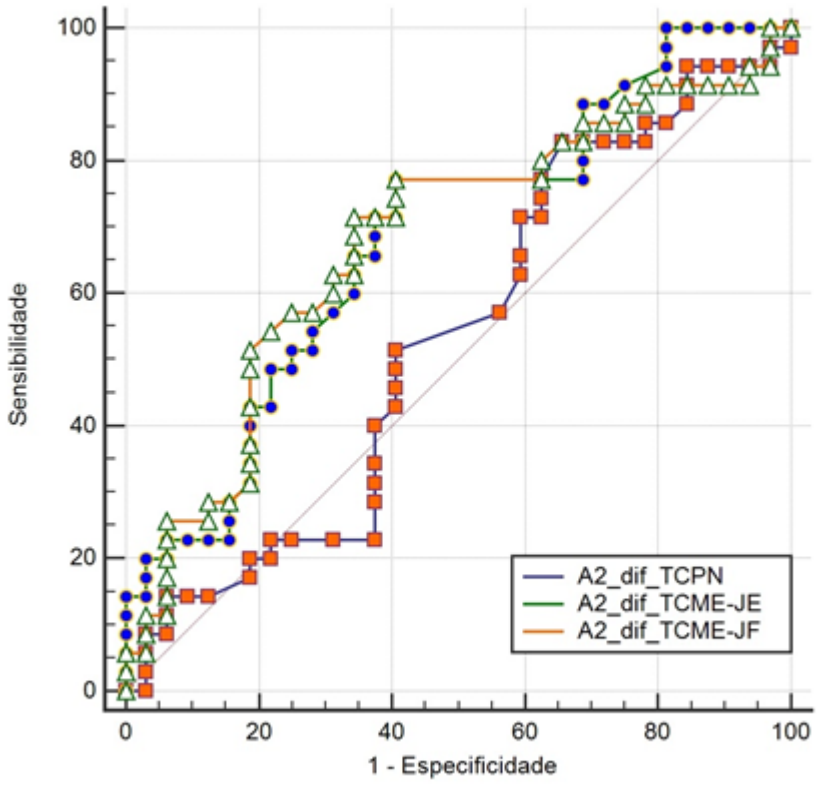
Anexo I - Curva ROC para o parâmetro ba_dif nos três testes de TC



Anexo J - Curva ROC para o parâmetro A1_dif nos três testes de TC



Anexo K - Curva ROC para o parâmetro A2_dif nos três testes de TC



Anexo L - Ficha do aluno (Janus)

18/09/2021 15:38

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina
FICHA DO ALUNO

5140 - 1069371/1 - Joao Carlos Rodrigues

Email:	jcrod@usp.br
Data de Nascimento:	30/08/1969
Cédula de Identidade:	RG - 17.482.035-5 - SP
Local de Nascimento:	Estado de São Paulo
Nacionalidade:	Brasileira
Graduação:	Médico - Faculdade de Medicina - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - 1993

Curso:	Doutorado Direto
Programa:	Ciências do Sistema Musculoesquelético
Data de Matrícula:	24/09/2018
Início da Contagem de Prazo:	24/09/2018
Data Limite para o Depósito:	26/09/2022
Orientador Acadêmico:	Prof(a). Dr(a). Marco Kawamura Demange - 24/09/2018 até 08/01/2019. Email: demange@usp.br
Orientador:	Prof(a). Dr(a). Alexandre Leme Godoy dos Santos - 09/01/2019 até o presente. Email: alexandrelemegodoy@usp.br
Proficiência em Línguas:	Inglês, 24/09/2018
Data de Aprovação no Exame de Qualificação:	Aprovado em 11/12/2020
Data do Depósito do Trabalho:	
Título do Trabalho:	
Data Máxima para Aprovação da Banca:	
Data de Aprovação da Banca:	
Data Máxima para Defesa:	
Data da Defesa:	
Resultado da Defesa:	
Histórico de Ocorrências:	Primeira Matrícula em 24/09/2018

1/3

Aluno matriculado no Regimento da Pós-Graduação USP (Resolução nº 7493 em vigor a partir de 29/03/2018).
Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 19/07/2021
Impresso em: 18/09/2021 15:37:33

18/09/2021 15:54

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina
FICHA DO ALUNO

5140 - 1069371/1 - Joao Carlos Rodrigues

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
MDR5723-2/3	Bases da Ressonância Magnética Funcional	01/10/2018	14/10/2018	60	4	100	A	N	Concluída
MCP5862-2/3	Metodologia Científica I	11/03/2019	12/05/2019	90	6	88	A	N	Concluída
MOT5742-2/2	Aplicação da Metodologia Científica na Pesquisa do Aparelho Locomotor	09/08/2019	21/11/2019	120	8	92	A	N	Concluída
MDR5726-1/4	Princípios da Avaliação de Métodos Diagnósticos por Imagem	04/09/2020	08/10/2020	45	3	100	A	N	Concluída
IMT5131-2/1	Escrita Científica	05/04/2021	16/05/2021	90	0	-	-	N	Turma cancelada
MCP5866-3/8	Seminários: Análise Crítica dos Projetos de Pesquisa Desenvolvidos no Programa - I	27/04/2021	10/05/2021	60	4	100	A	N	Concluída

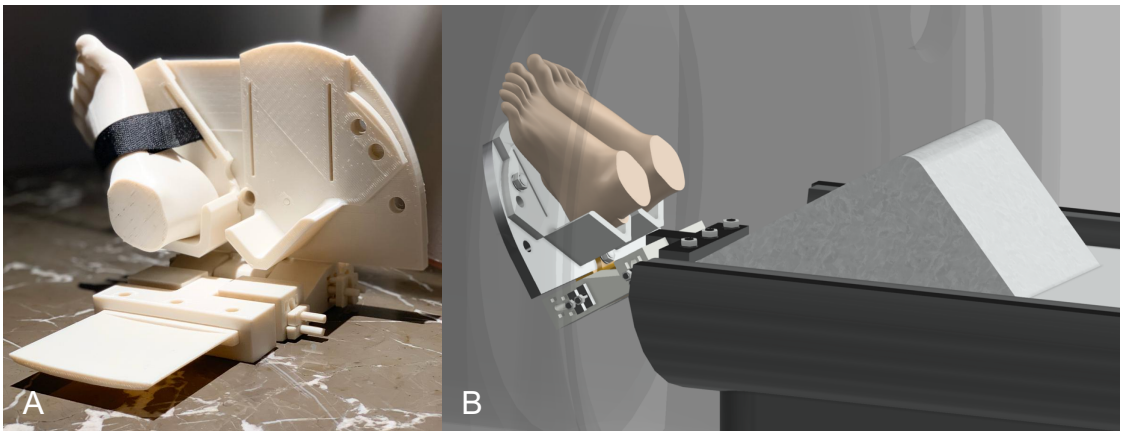
	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito de tese	
Disciplinas:	15	24	25
Estágios:			
Total:	15	24	25

Créditos Atribuídos à Tese: 176

Conceito a partir de 02/01/1997:
A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado; T - Transferência.
Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 19/07/2021
Impresso em: 18/09/2021 15:37:33

Anexo M - Nova prancha para manobras de estresse dos tornozelos



Fotografia do protótipo em escala reduzida (A). Desenho esquemático (B)

9. REFERÊNCIAS

9 REFERÊNCIAS

1. D'Hooghe P, Alkhelaifi K, Abdelatif N, Kaux JF. From "Low" to "High" Athletic Ankle Sprains: A Comprehensive Review. *Oper Tech Orthop*. 2018;28(2):54–60.
2. Gerber JP, Williams GN, Scoville CR, Arciero RA, Taylor DC. Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot ankle Int*. 1998;19(10):653–60.
3. Boytim MJ, Fischer DA, Neumann L. Syndesmotic ankle sprains. *Am J Sports Med*. 1991;19(3):294–8.
4. van Dijk CN, Longo UG, Loppini M, Florio P, Maltese L, Ciuffreda M, Denaro V. Conservative and surgical management of acute isolated syndesmotic injuries: ESSKA-AFAS consensus and guidelines. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(4):1217–27.
5. Malhotra K, Welck M, Cullen N, Singh D, Goldberg AJ. The effects of weight bearing on the distal tibiofibular syndesmosis: A study comparing weight bearing-CT with conventional CT. *Foot Ankle Surg*. 2018;27–32.
6. Lintz F, Netto C de C, Barg A, Burssens A, Richter M. Weight-bearing cone beam CT scans in the foot and ankle. *EFORT open Rev*. 2018;3(5):278–86.
7. Sman AD, Hiller CE, Rae K, Linklater J, Black DA, Nicholson LL, Burns J, Refshauge KM. Diagnostic accuracy of clinical tests for ankle syndesmosis injury. *Br J Sports Med*. 2015;49(5):323–9.
8. van Dijk CN, Longo UG, Loppini M, Florio P, Maltese L, Ciuffreda M, Denaro V. Classification and diagnosis of acute isolated syndesmotic

injuries: ESSKA-AFAS consensus and guidelines. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(4):1200–16.

9. Krähenbühl N, Weinberg MW, Davidson NP, Mills MK, Hintermann B, Saltzman CL, Barg A. Imaging in syndesmotic injury: a systematic literature review. *Skeletal Radiol*. 2018;47(5):631–48.
10. Beumer A, Valstar ER, Garling EH, Van Leeuwen WJ, Sikma W, Niesing R, Ranstam J, Swierstra BA. External rotation stress imaging in syndesmotic injuries of the ankle: Comparison of lateral radiography and radiostereometry in a cadaveric model. *Acta Orthop Scand*. 2003;74(2):201–5.
11. Feller R, Borenstein T, Fantry AJ, Kellum RB, Machan JT, Nickisch F, Blankenhorn B. Arthroscopic Quantification of Syndesmotic Instability in a Cadaveric Model. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2017;33(2):436–44.
12. Ebraheim NA, Lu J, Yang H, Mekhail AO, Yeasting RA. Radiographic and CT Evaluation of Tibiofibular Syndesmotic Diastasis: A Cadaver Study. *Foot Ankle Int*. 1997;18(11):693–8.
13. Ahn T-K, Choi S-M, Kim J-Y, Lee W-C. Isolated Syndesmosis Diastasis: Computed Tomography Scan Assessment With Arthroscopic Correlation. *Arthroscopy*. 2017;33(4):828–34.
14. Krähenbühl N, Bailey TL, Weinberg MW, Davidson NP, Hintermann B, Presson AP, Allen CM, Henninger HB, Saltzman CL, Barg A. Is load application necessary when using computed tomography scans to diagnose syndesmotic injuries? A cadaver study. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(2):198–204.
15. Lamer S, Hébert-Davies J, Dubé V, Leduc S, Sandman É, Ménard J,

Nault M-L. Effect of a Controlled Ankle Motion Walking Boot on Syndesmotic Instability During Weightbearing: A Cadaveric Study. *Orthop J Sport Med*. 2019;7(8):232596711986401.

16. Krähenbühl N, Bailey TL, Weinberg MW, Davidson NP, Hintermann B, Presson AP, Allen CM, Henninger HB, Saltzman CL, Barg A. Impact of Torque on Assessment of Syndesmotic Injuries Using Weightbearing Computed Tomography Scans. *Foot Ankle Int*. 2019;40(6):710–9.
17. Krähenbühl N, Bailey TL, Presson AP, Allen CM, Henninger HB, Saltzman CL, Barg A. Torque application helps to diagnose incomplete syndesmotic injuries using weight-bearing computed tomography images. *Skeletal Radiol*. 2019;48(9):1367–76.
18. Hagen JE, Rausch S, Simons P, Richards RG, Lenz M, Knobe M, Gueorguiev B, Klos K. Computed Tomography Analysis for Quantification of Displacement of the Distal Fibula in Different Foot Positions With Weightbearing and Sequentially Increased Instability: An Anatomic Cadaveric Study on Syndesmosis. *J Foot Ankle Surg*. 2019;58(4):734–8.
19. Hamard M, Neroladaki A, Bagetakos I, Dubois-Ferrière V, Montet X, Boudabbous S. Accuracy of cone-beam computed tomography for syndesmosis injury diagnosis compared to conventional computed tomography. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(3):265–72.
20. Del Rio A, Bewsher SM, Roshan-Zamir S, Tate J, Eden M, Gotmaker R, Wang O, Bedi HS, Rotstein AH. Weightbearing Cone-Beam Computed Tomography of Acute Ankle Syndesmosis Injuries. *J Foot Ankle Surg*. 2020;59(2):258–63.
21. Oae K, Takao M, Naito K, Uchio Y, Kono T, Ishida J, Ochi M. Injury of the

tibiofibular syndesmosis: value of MR imaging for diagnosis. *Radiology*. 2003;227(1):155–61.

22. Park YH, Yoon MA, Choi WS, Choi GW, Hong SJ, Kim HJ. The predictive value of MRI in the syndesmotic instability of ankle fracture. *Skeletal Radiol*. 2018;47(4):533–40.
23. Chun, Cho, Min, Park, Kim, Kim, Won. Diagnostic Accuracy of Radiologic Methods for Ankle Syndesmosis Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2019;8(7):968.
24. Fallat L, Grimm DJ, Saracco JA. Sprained ankle syndrome: Prevalence and analysis of 639 acute injuries. *J Foot Ankle Surg*. 1998;37(4):280–5.
25. Flik K, Lyman S, Marx RG. American collegiate men's ice hockey: an analysis of injuries. *Am J Sports Med*. 2005;33(2):183–7.
26. Hunt KJ, George E, Harris AHS, Dragoo JL. Epidemiology of Syndesmosis Injuries in Intercollegiate Football. *Clin J Sport Med*. 2013;23(4):278–82.
27. Sman AD, Hiller CE, Rae K, Linklater J, Morellato J, Trist N, Nicholson LL, Black DA, Refshauge KM. Predictive factors for ankle syndesmosis injury in football players: A prospective study. *J Sci Med Sport*. 2014;17(6):586–90.
28. Vosseller JT, Karl JW, Greisberg JK. Incidence of Syndesmotic Injury. *Orthopedics*. 2014;37(3):e226-9.
29. Debieux P, Wajnsztejn A, Mansur NSB. Epidemiologia das lesões por entorse do tornozelo diagnosticadas em pronto atendimento de ortopedia. *Inst Isr Ensino e Pesqui Albert Einstein*. 2019;17(4):1–5.
30. Lubberts B, D'Hooghe P, Bengtsson H, DiGiovanni CW, Calder J,

Ekstrand J. Epidemiology and return to play following isolated syndesmotic injuries of the ankle: a prospective cohort study of 3677 male professional footballers in the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med*. 2017;53(15):959–64.

31. Kelikian H, Kelikian AS. Disorders of the Ankle. Philadelphia: W B Saunders Co; 1985.
32. Anatomia SB de. Terminologia Anatômica. Barueri: Manole; 2001.
33. Yildirim H, Mavi A, Büyükbebeci O, Gümüşburun E. Evaluation of the fibular incisura of the tibia with magnetic resonance imaging. *Foot Ankle Int*. 2003;24(5):387–91.
34. Sora M-C, Strobl B, Staykov D, Förster-Streffleur S. Evaluation of the ankle syndesmosis: A plastination slices study. *Clin Anat*. 2004;17(6):513–7.
35. Hermans JJ, Beumer A, De Jong TAW, Kleinrensink GJ. Anatomy of the distal tibiofibular syndesmosis in adults: A pictorial essay with a multimodality approach. *J Anat*. 2010;217(6):633–45.
36. Liu GT, Ryan E, Gustafson E, Vanpelt MD, Raspovic KM, Lalli T, Wukich DK, Xi Y, Chhabra A. Three-Dimensional Computed Tomographic Characterization of Normal Anatomic Morphology and Variations of the Distal Tibiofibular Syndesmosis. *J Foot Ankle Surg*. 2018;000:1–7.
37. Bartoníček J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. *Surg Radiol Anat*. 2003;25(5–6):379–86.
38. Golanó P, Vega J, de Leeuw PAJ, Malagelada F, Manzanares MC, Götzens V, van Dijk CN. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2010;18(5):557–69.

39. Kikuchi S, Tajima G, Sugawara A, Yan J, Maruyama M, Oikawa S, Saigo T, Oikawa R, Doita M. Characteristic features of the insertions of the distal tibiofibular ligaments on three-dimensional computed tomography-cadaveric study -. *J Exp Orthop*. 2020;7(1):3.

40. Bassett FH, Gates HS, Billys JB, Morris HB, Nikolaou PK. Talar impingement by the anteroinferior tibiofibular ligament. A cause of chronic pain in the ankle after inversion sprain. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(1):55–9.

41. Nikolopoulos CE, Tsirikos AI, Sourmelis S, Papachristou G. The Accessory Anteroinferior Tibiofibular Ligament as a Cause of Talar Impingement. *Am J Sports Med*. 2004;32(2):389–95.

42. Ebraheim NA, Taser F, Shafiq Q, Yeasting RA. Anatomical evaluation and clinical importance of the tibiofibular syndesmosis ligaments. *Surg Radiol Anat*. 2006;28(2):142–9.

43. Ramsey PL, Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58(3):356–7.

44. Thordarson DB, Motamed S, Hedman T, Ebramzadeh E, Bakshian S. The effect of fibular malreduction on contact pressures in an ankle fracture malunion model. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(12):1809–15.

45. Beumer A, van Hemert WLW, Swierstra BA, Jasper LE, Belkoff SM. A Biomechanical Evaluation of the Tibiofibular and Tibiotalar Ligaments of the Ankle. *Foot Ankle Int*. 2003;24(5):426–9.

46. Harris J, Fallat L. Effects of isolated Weber B fibular fractures on the tibiotalar contact area. *J Foot Ankle Surg*. 2004;43(1):3–9.

47. Teramoto A, Kura H, Uchiyama E, Suzuki D, Yamashita T. Three-

Dimensional Analysis of Ankle Instability after Tibiofibular Syndesmosis Injuries. *Am J Sports Med*. 2008;36(2):348–52.

48. Hunt KJ, Goeb Y, Behn AW, Criswell B, Chou L. Ankle Joint Contact Loads and Displacement with Progressive Syndesmotic Injury. *Foot Ankle Int*. 2015;36(9):1095–103.

49. Colville MR, Marder RA, Boyle JJ, Zarins B. Strain measurement in lateral ankle ligaments. *Am J Sports Med*. 1990;18(2):196–200.

50. Ogilvie-Harris DJ, Reed SC, Hedman TP. Disruption of the ankle syndesmosis: Biomechanical study of the ligamentous restraints. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 1994;10(5):558–60.

51. Xenos JS, Hopkinson WJ, Mulligan ME, Olson EJ, Popovic NA. The tibiofibular syndesmosis. Evaluation of the ligamentous structures, methods of fixation, and radiographic assessment. *J Bone Jt Surg*. 1995;77(6):847–56.

52. Beumer A, Valstar ER, Garling EH, Niesing R, Ginai AZ, Ranstam J, Swierstra BA. Effects of ligament sectioning on the kinematics of the distal tibiofibular syndesmosis: A radiostereometric study of 10 cadaveric specimens based on presumed trauma mechanisms with suggestions for treatment. *Acta Orthop*. 2006;77(3):531–40.

53. Clanton TO, Williams BT, Backus JD, Dornan GJ, Liechti DJ, Whitlow SR, Saroki AJ, Turnbull TL, LaPrade RF. Biomechanical Analysis of the Individual Ligament Contributions to Syndesmotic Stability. *Foot Ankle Int*. 2017;38(1):66–75.

54. Walker CA, Vieira JSL, Endres G, Saraiva JF. Sindesmose tibiofibular distal: correlação entre medição radiográfica e anatômica. *Rev bras*

ortop. 2003;38(10):607–16.

55. Takao M, Ochi M, Oae K, Naito K, Uchio Y. Diagnosis of a tear of the tibiofibular syndesmosis. The role of arthroscopy of the ankle. *J Bone Joint Surg Br*. 2003;85(3):324–9.

56. Schoennagel BP, Karul M, Avanesov M, Bannas P, Gold G, Großterlinden LG, Rupprecht M, Adam G, Yamamura J. Isolated syndesmotic injury in acute ankle trauma: comparison of plain film radiography with 3T MRI. *Eur J Radiol*. 2014;83(10):1856–61.

57. Taser F, Shafiq Q, Ebraheim NA. Three-dimensional volume rendering of tibiofibular joint space and quantitative analysis of change in volume due to tibiofibular syndesmosis diastases. *Skeletal Radiol*. 2006;35(12):935–41.

58. Elgafy H, Semaan HB, Blessinger B, Wassef A, Ebraheim NA. Computed tomography of normal distal tibiofibular syndesmosis. *Skeletal Radiol*. 2010;39(6):559–64.

59. Pansini JV. Instabilidade ligamentar crônica do tornozelo - diagnóstico e tratramento [tese]. São Paulo: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo; 2010.

60. Mukhopadhyay S, Metcalfe A, Guha AR, Mohanty K, Hemmadi S, Lyons K, O'Doherty D. Malreduction of syndesmosis - Are we considering the anatomical variation? *Injury*. 2011;42(10):1073–6.

61. Dikos GGD, Heisler J, Choplin RH, Weber TTG, Dikos D. G, Heisler H. J, Choplin G. R, Weber G. T, Dikos GGD, Heisler J, Choplin RH, Weber TTG. Normal Tibiofibular Relationships at the Syndesmosis on Axial CT Imaging. *J Orthop Trauma*. 2012;26(7):433–8.

62. Nault M-L, Hébert-Davies J, Laflamme G-Y, Leduc S. CT scan assessment of the syndesmosis: a new reproducible method. *J Orthop Trauma*. 2013;27(11):638–41.

63. Lepojärvi S, Pakarinen H, Savola O, Haapea M, Sequeiros RB, Niinimäki J. Posterior translation of the fibula may indicate malreduction: CT study of normal variation in uninjured ankles. *J Orthop Trauma*. 2014;28(4):205–9.

64. Malhotra G, Cameron J, Toolan BC. Diagnosing Chronic Diastasis of the Syndesmosis: A Novel Measurement Using Computed Tomography. *Foot Ankle Int*. 2014;35(February):483–8.

65. Mendelsohn ES, Hoshino CM, Harris TG, Zinar DM. CT Characterizing the Anatomy of Uninjured Ankle Syndesmosis. *Orthopedics*. 2014;37(2):e157–60.

66. Yeung TW, Chan CYG, Chan WCS, Yeung YN, Yuen MK. Can pre-operative axial CT imaging predict syndesmosis instability in patients sustaining ankle fractures? Seven years' experience in a tertiary trauma center. *Skeletal Radiol*. 2015;44(6):823–9.

67. Kotwal R, Rath N, Paringe V, Hemmadi S, Thomas R, Lyons K. Targeted computerised tomography scanning of the ankle syndesmosis with low dose radiation exposure. *Skeletal Radiol*. 2016;45(3):333–8.

68. Kocadal O, Yucel M, Pepe M, Aksahin E, Aktekin CN. Evaluation of Reduction Accuracy of Suture-Button and Screw Fixation Techniques for Syndesmotic Injuries. *Foot Ankle Int*. 2016;37(12):1317–25.

69. Castro AA, Pansini JV, Martins EB, Castro AA, Nunes EKU. Tomographic control of sindesmosis reduction after surgical fixation. *Sci J Foot Ankle*.

2018;12(4):298–303.

70. Chans-Veres J, Vallejo-Márquez M, Galhoum AE, Tejero S. Analysis of the uninjured tibiofibular syndesmosis using conventional CT-imaging and axial force in different foot positions. *Foot Ankle Surg*. 2022;28(5):650–6.
71. Lepojärvi S, Niinimäki J, Pakarinen H, Leskelä HV. Rotational Dynamics of the Normal Distal Tibiofibular Joint With Weight-Bearing Computed Tomography. *Foot Ankle Int*. 2016;
72. Shakoor D, Osgood GM, Brehler M, Zbijewski WB, de Cesar Netto C, Shafiq B, Orapin J, Thawait GK, Shon LC, Demehri S. Cone-beam CT measurements of distal tibio-fibular syndesmosis in asymptomatic uninjured ankles: does weight-bearing matter? *Skeletal Radiol*. 2019;48(4):583–94.
73. Hoogervorst P, Working ZM, El Naga AN, Marmor M. In Vivo CT Analysis of Physiological Fibular Motion at the Level of the Ankle Syndesmosis During Plantigrade Weightbearing. *Foot Ankle Spec*. 2019;12(3):233–7.
74. VOGL TJ, HOCHMUTH K, DIEBOLD T, LUBRICH J, HOFMANN R, ST"OCKLE U, S"OLLNER O, BISSON S, S"UDKAMP N, MAEURER J, HAAS N, FELIX R. Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Acute Injured Distal Tibiofibular Syndesmosis. *Invest Radiol*. 1997;32(7):401–9.
75. Uys HD, Rijke AM. Clinical association of acute lateral ankle sprain with syndesmotic involvement: a stress radiography and magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med*. 2002;30(6):816–22.
76. Brown KW, Morrison WB, Schweitzer ME, Parellada JA, Nothnagel H. MRI Findings Associated with Distal Tibiofibular Syndesmosis Injury. *Am*

J Roentgenol. 2004;182(1):131–6.

77. Han SH, Lee JW, Kim S, Suh J-S, Choi YR. Chronic Tibiofibular Syndesmosis Injury: The Diagnostic Efficiency of Magnetic Resonance Imaging and Comparative Analysis of Operative Treatment. *Foot Ankle Int*. 2007;28(3):336–42.

78. Kim S, Huh Y-M, Song H-T, Lee S-A, Lee J-W, Lee JE, Chung IH, Suh J-S. Chronic Tibiofibular Syndesmosis Injury of Ankle: Evaluation with Contrast-enhanced Fat-suppressed 3D Fast Spoiled Gradient-recalled Acquisition in the Steady State MR Imaging. *Radiology*. 2007;242(1):225–35.

79. Chun K-Y, Choi YS, Lee SH, Kim JS, Young KW, Jeong M-S, Kim D-J. Deltoid Ligament and Tibiofibular Syndesmosis Injury in Chronic Lateral Ankle Instability: Magnetic Resonance Imaging Evaluation at 3T and Comparison with Arthroscopy. *Korean J Radiol*. 2015;16(5):1096.

80. Clanton TO, Ho CP, Williams BT, Surowiec RK, Gatlin CC, Haytmanek CT, LaPrade RF. Magnetic resonance imaging characterization of individual ankle syndesmosis structures in asymptomatic and surgically treated cohorts. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016;24(7):2089–102.

81. Edwards GS, Delee JC. Ankle Diastasis without Fracture. *Foot Ankle Int*. 1984;4(6):305–12.

82. Marymont J V., Lynch MA, Henning CE. Acute ligamentous diastasis of the ankle without fracture. *Am J Sports Med*. 1986;14(5):407–9.

83. Porter DA, May BD, Berney T. Functional Outcome after Operative Treatment for Ankle Fractures in Young Athletes: A Retrospective Case

Series. *Foot Ankle Int*. 2008;29(9):887–94.

84. Massobrio M, Antonietti G, Albanese P, Necci F. Operative treatment of tibiofibular diastasis: a comparative study between transfixation screw and reabsorbable cerclage. Preliminary result. *Clin Ter*. 2011;162(6):e161-7.

85. Sikka RS, Fetzer GB, Sugarman E, Wright RW, Fritts H, Boyd JL, Fischer DA. Correlating MRI Findings with Disability in Syndesmotic Sprains of NFL Players. *Foot Ankle Int*. 2012;33(5):371–8.

86. Cohen JF, Korevaar DA, Altman DG, Bruns DE, Gatsonis CA, Hooft L, Irwig L, Levine D, Reitsma JB, de Vet HCW, Bossuyt PMM. STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration. *BMJ Open*. 2016;6(11):e012799.

87. Rodrigues JC, Santos ALG, Prado MP, Alloza JFM, Masagão RA, Rosemberg LA, Barros D do CS, Castro A do AE, Demange MK, Lenza M, Ferretti M. Comparative CT with stress manoeuvres for diagnosing distal isolated tibiofibular syndesmotic injury in acute ankle sprain: a protocol for an accuracy- test prospective study. *BMJ Open*. 2020;10(9):e037239.

88. Rodrigues J, Godoy-Santos A, Prado M, Alloza J, Amaral e Castro A, Masagão R, Barros D, Nery C, Rosemberg L. Computed tomography with stress maneuvers for diagnosing syndesmotic instability. *J Foot Ankle*. 2020;14(3):243–8.

89. Mulligan EP. Evaluation and management of ankle syndesmosis injuries. *Phys Ther Sport*. 2011;12(2):57–69.

90. Hopkinson WJ, St. Pierre P, Ryan JB, Wheeler JH. Syndesmosis Sprains

of the Ankle. *Foot ankle Int*. 1990;10(6):325–30.

91. Nussbaum ED, Hosea TM, Sieler SD, Incremona BR, Kessler DE. Prospective Evaluation of Syndesmotic Ankle Sprains without Diastasis. *Am J Sports Med*. 2001;29(1):31–5.

92. Lubberts B, Guss D, Vopat BG, Johnson AH, van Dijk CN, Lee H, DiGiovanni CW. The arthroscopic syndesmotic assessment tool can differentiate between stable and unstable ankle syndesmoses. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020;28(1):193–201.

93. Carlson MJ, Ferkel RD. Complications in ankle and foot arthroscopy. *Sports Med Arthrosc*. 2013;21(2):135–9.

94. Ferkel RD, Small HN, Gittins JE. Complications in Foot and Ankle Arthroscopy. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;391(391):89–104.

95. Sharif B, Welck M, Saifuddin A. MRI of the distal tibiofibular joint. *Skeletal Radiol*. 2020;49(1):1–17.

96. Cicchetti D V, Sparrow SA. Developing criteria for establishing interrater reliability of specific items: applications to assessment of adaptive behavior. *Am J Ment Defic*. 1981;86(2):127–37.

97. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159–74.

98. Wolf BR, Amendola A. Syndesmosis injuries in the athlete: when and how to operate. *Curr Opin Orthop*. 2002;13(2):151–4.

99. Lubberts B, van Dijk PAD, Donovan N, van Dijk CN, Calder JD. Stable and unstable grade II syndesmotic injuries require different treatment strategies and vary in functional outcomes: a systematic review. *J ISAKOS*. 2016;1(4):192–7.