



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
MÉDICO-CIRÚRGICAS

RODRIGO SCHROLL ASTOLFI

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DA
INSTABILIDADE CRÔNICA DO TORNOZELO

FORTALEZA

2023

RODRIGO SCHROLL ASTOLFI

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DA
INSTABILIDADE CRÔNICA DO TORNOZELO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Médico-Cirúrgicas do Departamento de Cirurgia da Universidade Federal do Ceará para obtenção do grau de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. José Alberto Dias Leite

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A876u Astolfi, Rodrigo Schroll.
Uso da Inteligência Artificial para o Diagnóstico por Imagem da Instabilidade Crônica do Tornozelo /
Rodrigo Schroll Astolfi. – 2023.
92 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação
em Ciências Médico-Cirúrgicas, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Prof. José Alberto Dias Leite.
1. ligamentos laterais do tornozelo. 2. traumatismos do pé . 3. instabilidade articular. 4. inteligência
artificial. I. Título.

CDD 617

RODRIGO SCHROLL ASTOLFI

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DA
INSTABILIDADE CRÔNICA DO TORNOZELO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Médico-Cirúrgicas do Departamento de Cirurgia da Universidade Federal do Ceará para obtenção do grau de Doutor.

Aprovado em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a José Alberto Dias Leite

Universidade Federal do Ceará

Dr Luiz Carlos Ribeiro Lara

Universidade de Taubaté

Dr Diego Ariel de Lima

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Dr Victor Hugo Costa de Albuquerque

Universidade Federal do Ceará

Dedico este trabalho a todos àqueles que nos
antecederam, que possamos terminar esta
existência tendo melhorado a nós e nosso entorno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu orientador, Prof. José Alberto Dias Leite coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Médico Cirúrgicas da Universidade Federal do Ceará, pelas portas que abriu para mim e para diversos ortopedistas pesquisadores cearenses mantendo a chama do desenvolvimento acesa neste estado.

Agradeço ao Prof. Dr. Victor Hugo C. de Albuquerque por aceitar nosso projeto e colocar sua incrível capacidade intelectual para que a execução fosse primorosa.

Agradeço ao colega Rafael Barros Botelho pela imensa ajuda com a análise dos casos.

Agradeço ao Prof. Dr Jailson Rodrigues Lopes pela participação na avaliação das imagens.

Aos funcionários da Pós-Graduação nos guiaram com dedicação em todo esse processo.

AGRADECIMENTOS À FAMÍLIA

Agradeço aos meus pais que me deram condições e suporte, e que ainda dão, para que pudesse alçar voos mais elevados.

Agradeço minha esposa pela parceria em dividir as responsabilidades e aprendizado desta vida comigo.

“Três coisas são necessárias ao homem: saber o que deve crer, saber o que deve querer e saber o que deve fazer. Crer em Deus pai, querer a vida eterna e fazer o bem” .

São Tomás de Aquino.

RESUMO

Introdução: o entorse do tornozelo é uma das lesões traumáticas mais comuns do corpo humano, a ruptura do ligamento fibulo-talar anterior (LFTA) decorrente do entorse desencadeia a Instabilidade Crônica do Tornozelo (ICT) que representa progressiva morbidade a articulação do tornozelo. A ressonância magnética (RM) do tornozelo é um dos exames mais utilizados para o diagnóstico de ICT mas apresenta relativa baixa acurácia por ser um exame estático. Estratégias de Inteligência Artificial (IA) são utilizadas para o auxílio diagnóstico de diversas lesões em ligamentos, tendões e cartilagem. **Objetivo:** este estudo compara o diagnóstico médico via RM da ICT com o diagnóstico feito pela IA. **Método:** trata-se de um estudo prospectivo 321 pacientes foram divididos em dois grupos: com ICT e sem ICT. Cortes axiais em T2 do LFTA foram analisados por dois médicos e pela IA. **Resultados:** a acurácia do diagnóstico médico foi de 26% para um Índice de Correlação Intraclasse de 0,66. A melhor estratégia de extração de dados pelo software foi a combinação de Padrões binários locais (PBL) com Matriz de Concorrência de Nível de Cinza (MCNZ) com a classificação entre grupos utilizando-se Floresta Aleatória (FA). A acurácia da análise pela IA atingiu 84,34%. **Conclusão:** a IA para o diagnóstico da ICT pode ser uma ferramenta importante para a tomada de decisão na prática clínica.

Palavras-chave: Ligamentos laterais do tornozelo; Traumatismos do pé; Instabilidade articular; Inteligência artificial.

ABSTRACT

Introduction: the ankle sprain is one of the most common traumatic injuries in the human body, the Anterior Fibulo-talar Ligament (ATFL) rupture results from an ankle sprain and causes Chronic Ankle Instability (CAI) and represents progressive ankle joint morbidity. Ankle magnetic resonance (MRI) is the most used exam for CAI diagnosis, but it is considered to have low accuracy for diagnosis because it is a static exam. Artificial Intelligence (AI) is being used for the diagnosis of diverse lesions in ligaments, tendons and cartilage. Objective: this study compares the medical CAI diagnosis using MRI and the diagnosis made by IA. Methods: this is a prospective study where 321 patients were divided into two groups: with CAI and without CAI. Axial T2 weighted ATFL cuts were analysed by two doctors and AI. Results: the accuracy of the medical diagnosis was 26% for an Intraclass Correlation Index was 0.66. The best strategy for extracting data by the software is a combination of Local Binary Patterns (LBP) with Gray Level Competition Matrix (GLCM) with a classification between groups using Random Forest (FR). The accuracy of the IA analysis reached 84.34%. Conclusion: the use of IA for diagnosis of CAI can be an important tool for decision making in clinical practice.

Keywords: Lateral ankle ligaments; Foot trauma; Joint instability; Artificial intelligence.

LISTA DE ELEMENTOS VISUAIS DO TEXTO

Figuras

Figura 1	Complexo do Ligamento Fibulotalocalcaneo Lateral	15
Figura 2	Mecanismo do Entorse Ligamentar do Tornozelo	19
Figura 3	Translação Anterior do Pé na Manobra de Estresse.....	21
Figura 4	Incidência Radiográfica de Saltzman.....	23
Figura 5	Lesão do Ligamento Deltóide na Instabilidade Rotatória do Tornozelo.....	25
Figura 6	Exame estático acúmulo de líquido.....	27
Figura 7	Radiografia sob Estresse do Tornozelo.....	28
Figura 8	- LFTA no USG sob Estresse.....	29
Figura 9	- MCNC	35
Figura 10	Exemplo de Histograma da Técnica PBL.....	36
Figura 11	Momentos Invariantes de Unidade de Housfield.....	37
Figura 12	Método Características Dimensionais.....	37
Figura 13	Representação do funcionamento da extração e classificação.....	39
Figura 14	- Exemplos de LFTA normais na RM.....	44
Figura 15	- Exemplos de LFTA anormais a RM.....	44
Figura 16	- Exemplos de LFTA ausente na RM.....	45
Figura 17	- Seleção da RI.....	45
Figura 18	- Funcionamento da extração feita pelo método MCNC após a definição da RI	46
Figura 19	- Distribuição dos pacientes segundo a classificação da imagem na RM e ent os dois grupos Estável e ICT.....	48

Quadros

Quadro 1	- Critérios para inclusão de pacientes em estudos sobre ICT.....	32
Quadro 2	- Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT).....	43

Gráficos

Gráfico 1	- Distribuição dos Pacientes por Grupos de Faixas Etárias.....	49
Gráfico 2	- Distribuição dos Indivíduos por Sexo.....	49
Gráfico 3	- Distribuição dos Escores de CAIT dos Indivíduos com ICT.....	50
Gráfico 4	- Classificação do LFTA na RM pelo Observador 1.....	50
Gráfico 5	- Classificação do LFTA na RM pelo Observador 2.....	51

Tabelas

Tabela 1	- Combinações de estratégias de extração.....	47
Tabela 2	- Diagnóstico em termos de Acurácia.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLFTC	Complexo do Ligamento Fibulotalocalcaneo Lateral	18
DAC	Diagnóstico Auxiliado por Computador	41
IA	Inteligência Artificial	41
ICT	Instabilidade Crônica do Tornozelo	24
LFC	Ligameto Fibulo-calcâneo	18
LFTA	Ligamento Fibulo-talar Anterior	17
MCNC	Matriz de Concorrência de Nível de Cinza	43
PBL	Padrões Binários Locais	43
RI	Região de Interesse	42
RM	Ressonância Magnética	37
USG	Ultrassonografia	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO TORNOZELO	13
1.2 COMPLEXO LIGAMENTAR LATERAL DO TORNOZELO	14
1.2.1 Ligamento Fíbulo-Talar Anterior	14
1.2.2 Ligamento Fíbulo-Calcâneo.....	15
1.2.3 Ligamento Fíbulo-Talar Posterior.....	16
1.2.4 Tendões Fibulares	16
1.2.5 Ligamento Deltóide	17
1.2.5.1 Ligamento Deltóide Profundo.....	17
1.2.5.2.....	17
Ligamento Deltóide Superficial.....	17
1.3 LESÕES LIGAMENTARES DO TORNOZELO	18
1.3.1 Entorse Agudo do Tornozelo	19
1.3.2 Instabilidade Crônica do Tornozelo (ICT).....	20
1.3.2.1 Instabilidade Crônica Funcional do Tornozelo.....	20
1.3.2.2 Instabilidade Crônica Mecânica do Tornozelo	21
1.3.2.3 Instabilidade Crônica Mecânica do Tornozelo e o Pé Cavo	22
1.3.3 Micro-instabilidade e Instabilidade Rotatória do Tornozelo	23
1.4 DIAGNÓSTICO DA INSTABILIDADE CRÔNICA DO TORNOZELO	25
1.4.1 Exames Subsidiários no Diagnóstico da Instabilidade Crônica do Tornozelo	28
1.4.1.1 Características do LFTA na RM	30
1.5 TRATAMENTO	31
1.5.1 Tratamento Conservador.....	31
1.5.2 Tratamento Cirúrgico.....	32
1.5.2.1 O Desafio da Decisão para o Tratamento Cirúrgico	33
1.6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O AUXÍLIO DIAGNÓSTICO PELA RM.....	33
1.6.1 Como funciona o DAC	34
1.6.1.1 Pré-Processamento	34
1.6.1.2 Segmentação	34
1.6.1.3 Análise da Região de Interesse	35
<i>1.6.1.3.1 Estratégias para a Análise da RI.....</i>	<i>35</i>
1.6.2 Métodos de Classificação	38
1.7 JUSTIFICATIVA	40
2 OBJETIVO	41

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	41
2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO.....	41
3 CASUÍSTICA E MÉTODOS	42
3.1 ANÁLISE DAS IMAGENS DA RM	43
3.2 ANÁLISE DA RM PELA IA	45
4 RESULTADOS.....	48
5 DISCUSSÃO	55
6 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE.....	68
ANEXOS	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO TORNOZELO

A articulação tíbio-társica mais denominada como tornozelo consiste em um conjunto de articulações com movimentos dinâmicos e complexos entre si. A articulação tíbio-fibular distal conhecida como sindesmose do tornozelo executa movimento durante a marcha de pistonagem além de rotação interna e externa responsável por permitir maior amplitude de movimento ao tornozelo além de movimentos combinados como a dorsiflexão do tornozelo associada a rotação interna ou externa (Michael *et al.*, 2008). Esta articulação é estabilizada pelo pelos ligamentos da sindesmose. A sindesmose consiste em três partes - o ligamento tibiofibular anterior, o ligamento tibiofibular posterior e a articulação tibiofibular interóssea (Nordin; Frankel, 2001). Destes, tem especial importância os ligamentos tíbio-fibulares posteriores por sua maior robustez além da estabilidade proporcionada pelo sulco fibular da tibia distal. O sulco fibular da tibia distal apresenta uma variação importante descrita na literatura, podendo ser mais raso ou mais profundo, os sulcos mais profundos permitem um maior encaixe da fíbula, tornando a articulação tíbio-fibular distal mais estável. Sulcos menos profundos, geram menor encaixe entre os ossos e são, portanto, menos estabilizadores, o que gera maior propensão à lesões ligamentares da sindesmose (Tourné *et al.*, 2019).

A articulação fibulo-talar consiste da região de contato entre tálus e fíbula, esta articulação é responsável por cerca de 7% da carga do membro inferior e nela ocorrem movimentos da fíbula em relação ao tálus como o seu deslizamento na flexo-extensão do tornozelo e a pistonagem da fíbula (Goh *et al.*, 1992).

A articulação tíbio-társica também faz parte do complexo de articulações e por ela passa a maior parte da carga do corpo (em torno de 90% do peso corporal) e nela ocorre a maior parte do movimento de flexo-extensão do tornozelo. É uma diartrose sendo recoberta por uma fina cápsula que se fixa superiormente à tibia e aos maléolos e inferiormente ao tálus. No entanto, a geometria da articulação, como a superfície da tróclea em forma de cone e o eixo de rotação oblíquo, o que nos leva a crer que ela pode não funcionar simplesmente como uma dobradiça. (Goh *et al.*, 1992; Michael *et al.*, 2008). O tálus é mais largo anteriormente, o que significa que a articulação é mais estável em dorsiflexão (Nordin; Frankel, 2001). Considera-se que a geometria de conformação da articulação tibiotalar contribui para a estabilidade da articulação, uma vez que esta é uma articulação selar o que provê estabilidade no sentido ântero-posterior, outra parte importante da estabilidade da região ocorre pela limitação do deslocamento lateral

e medial do tálus em relação à tibia causada pelos maléolos. A estabilidade ligamentar desta articulação também depende da integridade dos complexos ligamentares medial e lateral do tornozelo (Michel, 2008).

O movimento do tornozelo ocorre principalmente no plano sagital, com flexão plantar e dorsiflexão ocorrendo predominantemente na articulação tibiotalar. Vários estudos indicaram uma amplitude de movimento no plano sagital entre 65 e 75°, passando de 10 a 20° de dorsiflexão até 40–55° de flexão plantar aproximadamente 35° (inversão 12°). No entanto, nas atividades cotidianas, a amplitude necessária no plano sagital é muito reduzida, com um máximo de 30° para caminhar e 37° e 56° para subir e descer escadas, respectivamente (Grimston *et al.*, 1993). Esse dado é relevante uma vez que uma das principais complicações da reconstrução ligamentar do tornozelo é a limitação da amplitude de movimento.

1.2 COMPLEXO LIGAMENTAR LATERAL DO TORNOZELO

Consiste nos Ligamentos: fibulo-talar anterior, fibulo-talar posterior e fibulo-calcâneo.

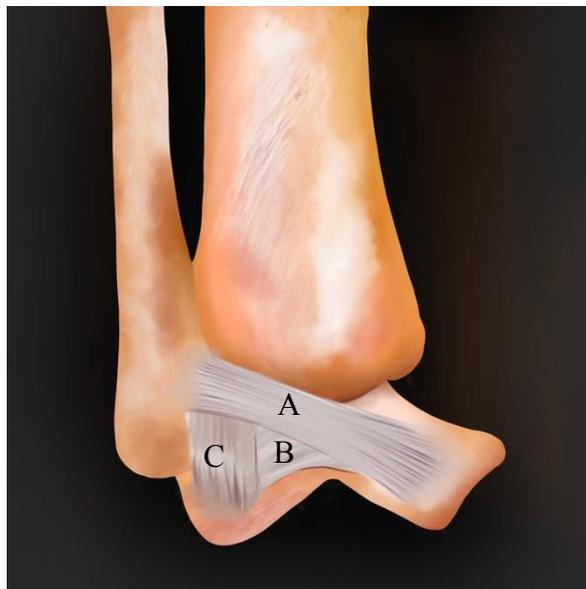
1.2.1 Ligamento Fíbulo-Talar Anterior

O Ligamento Fíbulo-talar Anterior (LFTA) tem sua origem na margem anterior da fíbula e inserção no colo tálus em sua região lateral, é um ligamento largo no sentido superior à inferior tendo em largura supero-inferior cerca de 0,5 cm. (Michel, 2008; Vega *et al.*, 2013). A literatura diverge entre a presença de dois ou três feixes na formação do ligamento (Milner; Soames, 1997). As bandas são separadas por ramos vasculares da artéria fibular perfurante e sua anastomose com a artéria maleolar lateral (Delfaut *et al.*, 2003).

A importância desses feixes separados, frequentemente descritos na literatura, se dá porque o LFTA sofre rupturas parciais, o que poderia significar lesões isoladas de um dos feixes, que parecem divergir tanto em sua função quanto em sua característica anatômica (Vega *et al.*, 2013). Há diferenças anatômicas entre os dois fascículos: o fascículo superior do LFTA é uma estrutura intra-articular circulado por líquido sinovial em sua maior parte, mas em alguns casos há contato direto com a cápsula da articulação tibio-társica, enquanto o fascículo inferior do LFTA é extra-articular (Vega *et al.*, 2013). Esse fato é de fundamental importância uma vez que estruturas intra-articulares como os ligamentos cruzados do joelho sabidamente não

cicatrizam após ruturas completas (Reijman *et al.*, 2021). Conexões foram encontradas entre o fascículo inferior do LFTA e o ligamento fibulo-calcâneo (LFC) (Vega *et al.*, 2013). Assim, foi proposto o conceito do Complexo do Ligamento Fibulotalocalcaneo Lateral (CLFTC): uma estrutura anatômica isométrica composta pelo fascículo inferior do LFTA e o LFC (Vega *et al.*, 2013). Segundo Michel (2008) o fascículo inferior do LFTA é isométrico, o mesmo não acontece como superior (Figura 1). CLFTC, fibras em forma de arco conectam a banda inferior do LFTA ao LFC. A: LFTA. B: Ligamento Arqueado. C: LFC

Figura 1 - Complexo do Ligamento Fibulotalocalcaneo Lateral



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O LFTA é responsável pela estabilidade no sentido ântero-posterior do tornozelo e através do CLFTC também é responsável pela restrição do movimento de inversão do tornozelo. Apresenta suas fibras sem tensão na dorsiflexão do tornozelo e tensão máxima com flexão plantar associada à inversão (Vega *et al.*, 2013; Gibboney; Dreyer, 2023).

1.2.2 Ligamento Fíbulo-Calcâneo

O LFC tem origem na ponta da fíbula e inserção na porção lateral do calcâneo, tem conexão fibrosa com o LFTA, sendo o principal restritor do movimento de inversão do tornozelo e retropé (Vega *et al.*, 2013; Michel, 2008). Tem aspecto mais cilíndrico do que o LFTA, suas fibras estão conectadas ao LFTA formando um conjunto arqueado o que permite

certo sinergismo entre os dois ligamentos (Milner; Soames, 1997; GOLANÓ *et al.*, 2010). Esta conexão é de especial importância para as técnicas de reconstrução ligamentar do tornozelo. Também tem sua maior tensão na flexão plantar associada à inversão (Nordin; Frankel, 2001; Golanó *et al.*, 2010).

1.2.3 Ligamento Fíbulo-Talar Posterior

Tem sua origem na porção posterior da fíbula, inserção no processo posterior do tálus. Sua maior função é a contenção do movimento de posteriorização do tálus em relação à tibia. Faz parte do complexo ligamentar lateral do tornozelo, apresenta fibras de conexão com LFC e principalmente com o LFTA, de maneira que também atua em conjunto com esses ligamentos para a estabilização em valgo e na gaveta anterior (Dalmau-Pastor *et al.*, 2020).

1.2.4 Tendões Fibulares

Tendão fibular curto na região do tornozelo se encontra rente a fíbula contornando-a fazendo uma angulação de cerca de 70 graus, situando-se no sulco dos tendões fibulares na fíbula, terminando na sua inserção na base do quinto metatarso (Nordin; Frankel, 2001; Michael *et al.*, 2008).

Tem ação primária de eversão do pé e função secundária de dorsiflexão do tornozelo (Nordin; Frankel, 2001). Devido à ação de eversão torna-se o principal estabilizador contra a inversão do pé e o principal estabilizador dinâmico do tornozelo (Goh *et al.*, 1992; Gibboney; Dreyer, 2023).

Estudos clínicos e cadavéricos mostraram que a lesão é provavelmente mais comum do que se acreditava anteriormente. Causas comumente descritas para a lesão do tendão fibular curto são: a presença de fibular quarto, implantação baixa do ventre muscular do fibular curto e principalmente instabilidade do tornozelo. Alguns pesquisadores relataram que essa lesão é encontrada em até 37% dos espécimes cadavéricos. A alta prevalência de instabilidade do tornozelo justifica a alta prevalência da lesão do fibular curto uma vez que na ausência da contenção ligamentar, a contenção dinâmica provida por este tendão passa a ser o principal mecanismo de contenção do tornozelo, o aumento do atrito entre o tendão e a fíbula gera a ruptura longitudinal do tendão fibular (ezaninová *et al.*, 2018).

O tendão fibular longo encontra-se posterior e rente ao tendão fibular longo dentro da bainha dos tendões fibulares tem sua inserção na base do primeiro metatarso após migrar para plantar através do sulco no osso cuboide (Nordin; Frankel, 2001). Tem ação na eversão do tornozelo e ação secundária de flexão plantar do tornozelo sendo assim também tem importante ação na estabilização do tornozelo (Goh *et al.*, 1992; Gibboney; Dreyer, 2023).

1.2.5 Ligamento Deltóide

A estabilidade medial do tornozelo é principalmente desempenhada pelos ligamentos túbio talar e túbio calcaneanos em seu conjunto denominado ligamento deltóide. É dividido em deltóide profundo e deltóide superficial (Nordin; Frankel, 2001).

1.2.5.1 Ligamento Deltóide Profundo

O ligamento deltóide profundo apresenta suas fibras inteiramente intra-articulares. O ligamento deltoide profundo impede o deslocamento lateral do tálus e a rotação externa do tálus, este apresenta duas bandas. A banda posterior do ligamento profundo muitas vezes chamado simplesmente de deltóide profundo é a maior das bandas. O deltoide profundo é um ligamento curto em forma de cone que surge da margem posterior do colículo anterior e do colículo posterior. Segue inferior, posterior e lateralmente a partir do maléolo medial para se inserir na fôvea na margem medial do corpo do tálus (Crim, 2017). O ligamento tem uma aparência estriada semelhante ao ligamento cruzado anterior do joelho e apresenta densidade não homogênea entre as fibras. Algumas fibras individuais podem aparecer esticadas e nitidamente demarcadas. Uma pequena faixa anterior do ligamento profundo se insere no tálus medial na junção do colo e corpo do tálus. Trata-se do principal contentor ao movimento de valgismo do pé e tornozelo (Van Den Bekerom; Mutsaerts; Van Dijk, 2009).

1.2.5.2 Ligamento Deltóide Superficial

O ligamento deltóide superficial é composto pelo Ligamento Túbio-Talar Anterior, responsável pela contenção do movimento de valgismo do tornozelo e contenção da translação anterior do tornozelo associada à rotação externa do Tálus. Ligamento Túbio-Talar Posterior é

responsável pela contenção do movimento de translação posterior do tornozelo associada a eversão. Ligamento Tíbio-Calcâneo também atua na restrição da eversão do tornozelo (Van Den Bekerom; Mutsaerts; Van Dijk, 2009).

A hiperpronação (movimento combinado de pronação do antepé e eversão do tornozelo) aplica uma força de abdução direta ao ligamento deltoíde profundo e pode resultar em fratura do maléolo medial ou ruptura do ligamento deltoíde. O deltoíde pode ser lesado isoladamente, mas, nas lesões mais graves, ocorre fratura da fíbula ou ruptura da sindesmose tibiofibular (Longo *et al.*, 2021).

1.3 LESÕES LIGAMENTARES DO TORNOZELO

O entorse do tornozelo é a lesão traumática mais comum dos membros inferiores e está presente em 40% das lesões esportivas (Halabchi; Hassabi, 2020). É definido como uma lesão traumática aguda no complexo ligamentar lateral da articulação do tornozelo como resultado de inversão excessiva do retropé ou flexão plantar e adução combinadas do pé. Isso geralmente resulta em alguns déficits iniciais de função e incapacidade (Delahunt *et al.*, 2010). Estima-se uma incidência de 2 a 7 entorses agudas de tornozelo/1.000 pessoas-ano do tornozelo (Milner; Soames, 1997), no entanto, este dado pode estar subestimado uma vez que muitos indivíduos não procuram atendimento médico após o primeiro episódio de entorse do tornozelo (Gribble *et al.*, 2016). Na verdade, estima-se que a verdadeira taxa de incidência de entorses seja 5,5 vezes maior do que o frequentemente relatado (Kemler *et al.*, 2015).

O entorse do tornozelo geralmente ocorre por um mecanismo em inversão e rotação interna do tornozelo e do pé (Delfaut *et al.*, 2003; Halabchi; Hassabi, 2020). A ruptura completa do LFTA está presente em 65% de todos os entorses do tornozelo e em 20% destes, esta ruptura também está associada à ruptura do LFC, este dado chama a atenção tendo em vista a enorme prevalência de entorses do tornozelo (Brostroem, 1964; Kemler *et al.*, 2015). Isto significa que há uma grande quantidade de pacientes com lesão completa do LFTA sem diagnóstico, uma vez que as cirurgias para a reconstrução deste ligamento não são tão frequentes na maior parte dos serviços ortopédicos. Melhores ferramentas diagnósticas para as lesões do LFTA são, portanto, fundamentais para a real mensuração destas lesões.

O mecanismo de lesão mais comum é o pé preso em alguma irregularidade do relevo e o corpo do indivíduo em queda no sentido a forçar o pé em inversão (Figura 2). Mecanismo de trauma mais comum, o pé fica preso ao chão enquanto o corpo roda externamente.

Figura 2 - Mecanismo do Entorse Ligamentar do Tornozelo



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O pé geralmente está em flexão plantar no momento da lesão. É comum o paciente durante o trauma, sentir uma sensação de rasgo ou ouvir um estalo que pode estar correlacionado com a gravidade da lesão (Brostroem, 1964). O local de dor e edema geralmente estão localizados na lateral do tornozelo sobre o LFTA. Várias horas após a lesão, o inchaço generalizado e a dor podem tornar a avaliação mais difícil e menos confiável. A maioria dos pacientes sente dor e desconforto ao tentar deambular na extremidade lesada. A equimose pode ocorrer 24 a 48 horas após a lesão e geralmente é pior ao longo do lado lateral do pé e tornozelo, mas também pode ocorrer na área da bolsa retrocalcânea e ao longo do calcanhar por causa do espaço potencial disponível para inchaço e o efeito de acúmulo da gravidade (Lynch, 2022)

1.3.1 Entorse Agudo do Tornozelo

O entorse agudo do tornozelo é dividido em entorse leve moderado ou grave (grau I, II ou III respectivamente), os critérios para a divisão entre esses grupos não é consenso na literatura, mas de maneira geral podem ser divididos da seguinte maneira:

Grau I (leve): edema na região do ligamento, dor local leve ou moderada, pouca dor ao deambular, sintomas regridem em poucos dias.

Grau II (moderado): edema em toda a região do tornozelo, dor intensa, dor ao pisar no chão, equimose leve ou inexistente, sintomas regredem ao longo da primeira semana.

Grau III (grave): edema importante associado à equimose, incapacidade de deambular que permanece por vários dias após o entorse (Balduini, *et al.*, 1987).

A relevância dessa classificação está no fato de sua possível associação com o prognóstico para o desenvolvimento de instabilidade crônica do tornozelo. (Lynch, 2022; Crema *et al.*, 2019). Há uma possível correlação entre o grau do entorse e no nível da lesão, o entorse de primeiro grau seria caracterizado por uma ruptura parcial ou completa do LFTA. No entorse de segundo grau, os LFTA e LFC estão parcial ou completamente rompidos. O entorse de terceiro grau consistiria em lesões do LFTA, LFC e ligamento fibulo talar posterior. No entanto, a maior parte dos estudos não conseguiu identificar essa correlação de maneira precisa (Grimston *et al.*, 1993; Michel, 2008).

Como referido anteriormente, o ligamento mais frequentemente acometido é o LFTA, podendo ocorrer lesão parcial ou total do ligamento (Grimston *et al.*, 1993; Lynch, 2002; Michel, 2008). Nas lesões agudas do tornozelo é preconizado o tratamento conservador, com imobilização, uso de anti-inflamatórios e reabilitação baseada em treino de força e treino de equilíbrio (ezaninová *et al.*, 2018).

1.3.2 Instabilidade Crônica do Tornozelo (ICT)

São lesões ligamentares com mais de seis meses de história da lesão. São constantemente divididas na literatura entre instabilidade crônica funcional do tornozelo e instabilidade crônica mecânica (Gribble *et al.*, 2016).

1.3.2.1 Instabilidade Crônica Funcional do Tornozelo

Esta seria a instabilidade não associada a lesão completa do LFTA e/ou LFC, uma característica seria a ausência de gaveta anterior do tornozelo (Figura 3). A manobra diagnóstica da gaveta anterior do tornozelo é melhor realizada como joelho fletido, uma vez que a tendão do tendão de Aquiles ajuda a estabilizar o tornozelo, com o pé em flexão plantar para que a parte mais estreita do domus talar esteja na pinça maleolar

Figura 3 - Translação Anterior do Pé na Manobra de Estresse



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Há um entendimento de que essas instabilidades ocorreriam por má coordenação motora e a base do tratamento seria o treino de força e treino de equilíbrio do tornozelo (Delahunt *et al.*, 2010). Moraes *et al.* (2008) identificaram a presença de três tipos de mecanorreceptores no LFTA em espécimes cadavéricos e não identificou variações significativas entre indivíduos ou com o envelhecimento na quantidade destes mecanorreceptores, o que pode indicar que esta instabilidade estaria relacionada mais a coordenação motora gerada pelo sistema nervoso central do que com a quantidade de input periférico de informação proprioceptiva.

1.3.2.2 Instabilidade Crônica Mecânica do Tornozelo

É definida como a instabilidade presente há mais de seis meses onde há gaveta antero-posterior do tornozelo presente. Em geral os pacientes são capazes de referir a instabilidade como "tornozelo fraco". Falsefalls são definidos como quedas e da ocorrência regular de episódios descontrolados e imprevisíveis de inversão excessiva do retopé (geralmente experimentado durante o contato inicial durante a caminhada ou corrida), que não resultam em entorse lateral aguda do tornozelo (Gribble *et al.*, 2013). Outras queixas como dor

no tornozelo, dor nos tendões fibulares e edema na articulação do tornozelo também são mais proeminentes do que na instabilidade funcional do tornozelo (Delahunt *et al.*, 2010; Gribble *et al.*, 2013).

A instabilidade mecânica está relacionada com diversas patologias como baixo rendimento esportivo, lesão dos tendões fibulares, lesões osteocondrais, artrose do tornozelo (Delahunt *et al.*, 2010; Gribble *et al.*, 2013; Gribble *et al.*, 2016; e Nírová *et al.*, 2018).

Apesar desta divisão bastante referida na literatura a exata separação entre esses dois grupos de indivíduos não é simples, sendo possível que as instabilidades funcionais sejam instabilidades mecânicas em indivíduos com baixa demanda funcional, o pareamento nos estudos pelo nível de atividade física é uma deficiência na maioria dos estudos. De fato, comparações sensório-motoras e biomecânicas entre pacientes classificados como tendo instabilidade mecânica do tornozelo e instabilidade funcional do tornozelo falharam em diferenciar os dois grupos (Brown; Bowser; Simpson, 2012) a presença de frouxidão mecânica foi associada a algumas alterações sensório-motoras da articulação do tornozelo e aumentos nas forças de reação do solo durante as tarefas de aterrissagem em comparação com os outros grupos, mas essas diferenças não foram observadas de forma consistente (Brown; Bowser; Simpson, 2012). Também é interessante notar que na instabilidade mecânica do tornozelo os grupos tiveram mais incapacidade auto relatada e nenhuma diferença no número de episódios de falseios em comparação com os grupos de instabilidade funcional do tornozelo, sugerindo que os grupos de instabilidade mecânica do tornozelo tinham instabilidade funcional semelhante a dos grupos de instabilidade funcional do tornozelo (Brown *et al.*, 2009; Brown; Bowser; Simpson, 2012; Gribble *et al.*, 2013).

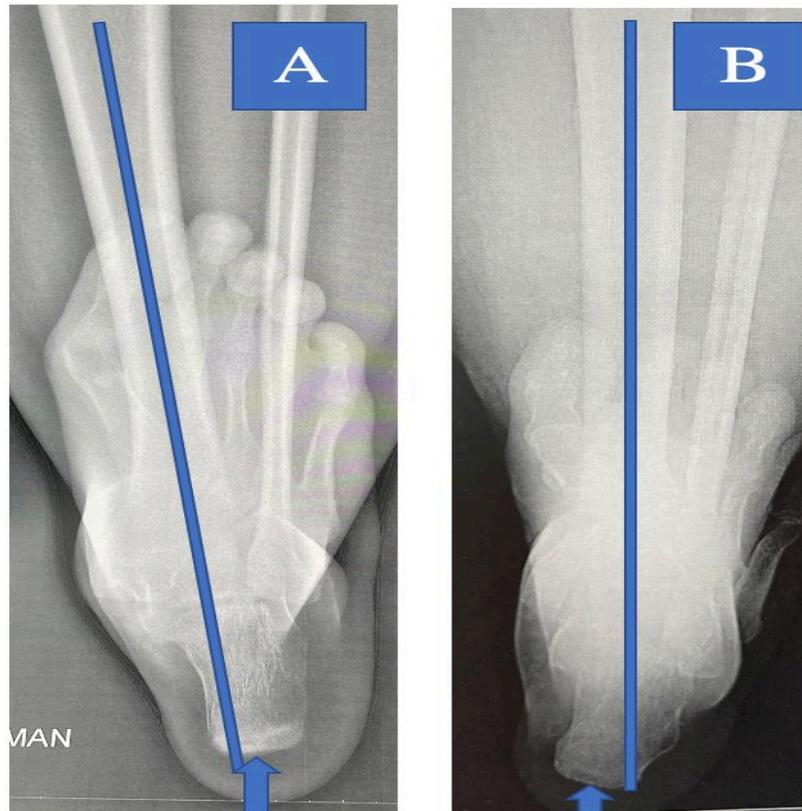
1.3.2.3 Instabilidade Crônica Mecânica do Tornozelo e o Pé Cavo

Alterações do eixo mecânico da pisada estão diretamente relacionados com a instabilidade do tornozelo. Pacientes com pé cavo apresentam apoio na borda lateral do pé o que facilita movimentos em inversão do pé e tornozelo e proporciona entorses do tornozelo. O pé cavo é associado com lesão ligamentar do tornozelo e com a recorrência da instabilidade após reparo ligamentar do tornozelo (Shim *et al.*, 2020).

É por esta razão que a investigação diagnóstica da instabilidade do tornozelo inclui a classificação da pisada do paciente, em especial o alinhamento do retropé em relação à tibia na incidência radiográfica de Saltzman (Choi *et al.*, 2021) (Figura 4). Incidência radiográfica de

Satzman, o ponto médio do calcâneo (seta) deve estar lateral ao eixo anatômico da tibia até 8mm de distância. A: radiografia normal B: alinhamento em varo.

Figura 4 - Incidência Radiográfica de Saltzman



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

1.3.3 Micro-instabilidade e Instabilidade Rotatória do Tornozelo

Acredita-se que a maior parte dos entorses ocorram por traumas em inversão do pé e tornozelo e o primeiro ligamento atingido seja o LFTA. Pela perda de função do LFTA outras estruturas entram em estresse como LFC e o ligamento fibulo talar posterior, uma vez que como referido anteriormente todos esses ligamentos apresentam fibras em comum. Há também, aumento do estresse sobre o tendão fibular curto, principal estabilizador dinâmico do tornozelo (CHOI *et al.*, 2008; Lee; Hamilton; Ford, 2011).

Esse quadro de lesão isolada do LFTA é chamado de micro-instabilidade do tornozelo onde os sintomas de frouxidão do tornozelo são pequenos, apenas dor leve na região e edema. Isso ocorreria pela baixa extrusão do tálus dentro do tornozelo gerando um movimento não

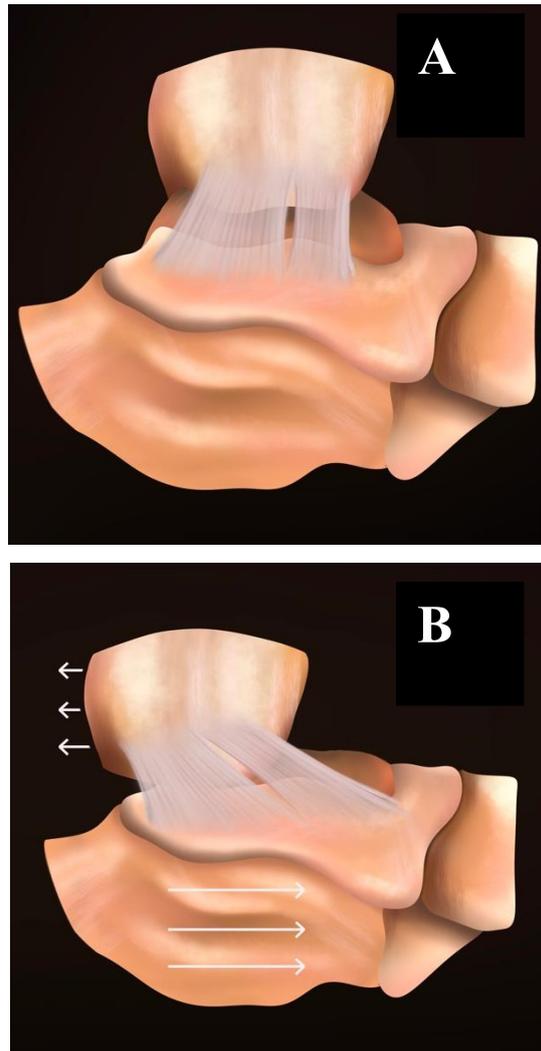
detectável pelo cérebro e portanto não consciente para que o paciente fosse capaz de apresentar a queixa (Vega; Malagelada; Dalmau-Pastor, 2021).

Apesar de ser um problema clínico comum, a microinstabilidade do tornozelo é pouco diagnosticada. Os pacientes podem descrever uma sensação subjetiva de instabilidade do tornozelo, entorses sintomáticas recorrentes do tornozelo, dor anterolateral crônica ou uma combinação dos mencionados acima. Devido a essa sintomatologia vaga, o diagnóstico nesses pacientes pode representar um dilema clínico desafiador. Testes clínicos como teste de gaveta anterior ou inclinação talar em varo muitas vezes podem ser negativos, devido ao fato de que pacientes com micro-instabilidade não apresentarem grande instabilidade. No entanto, apesar de pouco sintomáticos, os pacientes com microinstabilidade do tornozelo podem subsequentemente desenvolver lesões intra-articulares (ou seja, impacto ósseo anterior, impacto de tecidos moles ou defeito osteocondral talar). Lesões intra-articulares estão presentes em quase todos os pacientes com instabilidade crônica do tornozelo (Choi *et al.*, 2008; Lee; Hamilton; Ford, 2011). Em pacientes com microinstabilidade do tornozelo, essas lesões intra-articulares podem ser os únicos sintomas presentes no paciente, pois a instabilidade não seria suficientemente evidente para ser diagnosticada. A presença de síndromes do tipo impacto: tecidos moles patológicos ou osteófitos, lesões que afetam a cartilagem talar ou uma combinação dessas patologias combinadas com uma história de entorses de inversão do tornozelo devem alertar o clínico para a presença potencial de uma microinstabilidade do tornozelo. Novamente, isso deve ser ativamente suspeitado pelo médico, pois a instabilidade não seria evidente para os padrões clínicos atuais (Vega; Malagelada; Dalmau-Pastor, 2021).

Com a continuação dos episódios de entorses os ligamentos sob tensão tendem a também se romper e quadros de ruptura em split do tendão fibular curto também são observados. Isto permite maior rotação interna do tálus e migração no sentido pósterio anterior, o que desencadeia estresse sobre o ligamento deltoide que apesar de ter suas fibras orientadas para a contenção do estresse em valgo, ao se tornar uma das únicas estruturas que conectam a tibia ao tálus passa a se romper (Aicale; Maffulli, 2020; Vega; Malagelada; Dalmau-Pastor, 2020).

Nesta instabilidade rotatória, todas as estruturas laterais e mediais do tornozelo tendem a ruptura fazendo com que quanto mais avançada a lesão, mais perceptíveis são os sintomas pelos doentes (Vega; Malagelada; Dalmau-Pastor, 2020). (Figura 5). Lesão do Ligamento Deltóide na Instabilidade Rotatória do Tornozelo. O ligamento deltóide apesar de suas fibras orientadas para a contenção do estresse em valgo do tornozelo, na ausência de outros contentores da gaveta anterior passa a ser um restritor da gaveta anterior.

Figura 5 - Lesão do Ligamento Deltóide na Instabilidade Rotatória do Tornozelo



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

1.4 DIAGNÓSTICO DA INSTABILIDADE CRÔNICA DO TORNOZELO

A estabilidade óssea da articulação do tornozelo faz com que pacientes com rupturas completas do LFTA tenham muitas vezes pouco sintomas, o que faz até hoje com que muitos especialistas nunca façam a reconstrução ligamentar do tornozelo por acreditar que a ausência do ligamento poderia ser totalmente suprida por ganho de força da musculatura fibular e pelo treino de equilíbrio (Aicale; Maffulli, 2020).

Muitos pacientes com ruptura crônica tendem a não procurar o serviço médico por não perceberem nitidamente a instabilidade do tornozelo, muitos queixam apenas de edema na articulação do tornozelo e eventuais falseios (Kemler *et al.*, 2015). É comum a desistência do uso de saltos por mulheres, quedas esporádicas podem ocorrer mas muitas vezes não são

referidas pelos pacientes como resultantes de entorses e sim, de alguma eventualidade como uma irregularidade no terreno (Aicale; Maffulli, 2020). Esses pacientes que apresentam instabilidade mecânica com gaveta perceptível no consultório mas se mostram oligo-sintomáticos para a instabilidade geralmente são sedentários e caminham devagar em terrenos irregulares. Nesses pacientes, é possível que o sedentarismo seja causado em parte pela instabilidade uma vez que permite baixo desempenho esportivo (Michel, 2008; Kemler *et al.*, 2015).

O *Ankle Instability Group* estabeleceu algumas regras para o diagnóstico de instabilidade mecânica do tornozelo em estudos científicos, esse diagnóstico assertivo é necessário pelo fato de que o diagnóstico de instabilidade mecânica indica tratamento cirúrgico diferentemente da instabilidade funcional (Quadro 1). Na instabilidade mecânica se observa pelo menos um episódio de entorse grave ao longo da vida, queixas de falseios são frequentes (ao menos dois ao longo de seis meses), indicadores de baixa funcionalidade ou qualidade de vida, o Quadro 1 mostra os critérios para o diagnóstico (Gribble *et al.*, 2013).

Quadro 1: Critérios para inclusão de pacientes em estudos sobre ICT

Critérios Mínimos Aprovados pelo International Ankle Consortium para Inscrição de Pacientes em Grupos de Instabilidade Crônico do Tornozelo em Pesquisas Controladas

1) Pelo menos 1 entorse de tornozelo significativo:

A entorse inicial deve ter ocorrido pelo menos 12 meses antes da inscrição no estudo e deve ter as seguintes características: gerou sintomas inflamatórios (dor, inchaço, etc), criou pelo menos 1 dia interrompido da atividade física desejada, a lesão mais recente deve ter ocorrido mais de 3 meses antes da inscrição no estudo.

2) Entorse recorrente e/ou ' ' sensação de do retopé são denominados falseios do tornozelo, os participantes devem relatar pelo menos 2 episódios de falseio nos 6 meses anteriores à inclusão no estudo. O déficit funcional deve ser confirmado pelos escores: *Ankle Instability Instrument*, *Cumberland Ankle Instability Tool*, *Identification of Functional Ankle Instability*

3) Se para o estudo é importante quantificar o nível de déficit apresentado, são recomendados os seguintes questionários: *foot and ankle ability measure*, *sport scale*, *foot and ankle outcome score*.

Fonte: Segundo Ankle Instability Group. Adaptado de: (Gribble *et al.*, 2013).

Como se pode observar os critérios adotados pelo *Ankle Instability Consortium* (Gribble *et al.*, 2013) tendem a uma alta especificidade e possível baixa sensibilidade uma vez que os pacientes precisam referir sintomas de falseios e pelo menos um episódio de entorse grau II ou III para serem avaliados por escores de qualidade de vida ou funcionalidade, no entanto, é possível que dentro desta alta taxa de prevalência estimada para a ICT muitos pacientes não sejam capazes de referir tais sintomas uma vez que têm demanda muito baixa. É possível que estes pacientes tenham sintomas relativos a ICT mas não se apresentam desta forma, muitos referem edema e dor inespecífica do tornozelo e mesmo sem perceber andam devagar e até mesmo com apoio em superfícies irregulares, estes pacientes não entrariam nos critérios apresentados.

O exame físico é fundamental na construção do raciocínio diagnóstico, sendo os principais achados; dor na região do LFTA, edema no tornozelo e principalmente gaveta anterior do tornozelo são os principais achados do exame físico, a gaveta anterior do tornozelo é o dado mais relevante para o diagnóstico da instabilidade do tornozelo, no entanto é um dado subjetivo que depende da habilidade do examinador, é possível a comparação com o tornozelo contra-lateral mas há a possibilidade de instabilidade bilateral o que também dificultaria do diagnóstico (Dowling; GiakoumiS; Ryan, 2014). (Figura 6). No exame estático é muito comum o acúmulo de líquido na goteira ântero-lateral do tornozelo.

Figura 6 - Exame estático acúmulo de líquido



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

1.4.1 Exames Subsidiários no Diagnóstico da Instabilidade Crônica do Tornozelo

Radiografias sob estresse do tornozelo com manobra de estresse antero-posterior (gaveta) e estresse em varo também permitem o diagnóstico de instabilidade pela análise da congruência da articulação do tornozelo pré e pós estresse (Figura 7). Radiografia Sob Estresse do Tornozelo. Nota-se que é um exame com alto valor preditivo positivo, em lesões avançadas dos ligamentos a extrusão anterior do pé é facilmente visualizada, em casos de lesões apenas dos ligamentos laterais do tornozelo onde a extrusão é menor o diagnóstico pode não ser feito.

Figura 7 - Radiografia Sob Estresse do Tornozelo.

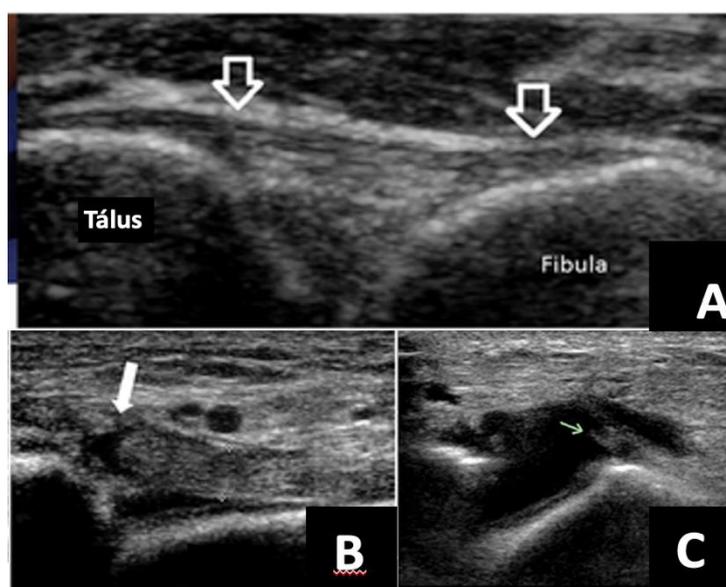


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

As radiografias em estresse em geral são feitas com o paciente em decúbito dorsal, com o joelho em 20° de flexão, a tíbia em 20° de rotação interna e o tornozelo em 10° de flexão plantar, essa posição relaxa o gastrocnêmio que tem o potencial de impedir a anteriorização do tálus no estresse além de colocar a porção mais estreita do domus talar na pinça maleolar (Nordin; Frankel, 2001), o estresse para a gaveta anterior também são realizadas com o joelho em 20° de flexão e o tornozelo em 10° de flexão plantar, a força de translação é aplicada no sentido de posteriorizar a tíbia. Considera-se exame positivo para instabilidade do tornozelo quando apresentam um ângulo maior que 15° ou uma diferença de lado a lado 10° do ângulo de inclinação tibiotalar em radiografias de estresse em varo ou anteriorização do tálus maior que 10 mm ou uma diferença de lado a lado de > 3 mm no estresse da gaveta anterior. Aparentemente, este método é somente capaz de detectar estágios mais avançados da instabilidade como a instabilidade rotatória do tornozelo (Choi *et al.*, 2021).

O exame com maior capacidade diagnóstica para a instabilidade crônica mecânica do tornozelo é a ultrassonografia (USG) dinâmica com a realização da gaveta do tornozelo durante o exame (Figura 8). LFTA na USG sob estresse. A: LFTA intacto e pouco afastamento do tálus em relação à fibula na manobra de estresse. B: Descontinuidade das fibras do LFTA na seta branca demonstrando lesão completa do ligamento. C: Ausência total das fibras do LFTA exceto pelo pequeno coto apontado na seta.

Figura 8 – LFTA no USG sob Estresse



Fonte: Adaptado de: (McKiernan et al., 2017).

Esse exame permite a visualização do ligamento e durante a manobra da gaveta é possível ver a movimentação das fibras do ligamento (Zanetti et al., 2018; Saengsin et al., 2022). Este exame pode ser considerado o padrão ouro para o diagnóstico porque permitiria a avaliação dinâmica de uma estrutura que tem um comportamento dinâmico. Apesar de rotas, é possível que em algumas lesões ligamentares as fibras do LFTA fiquem ainda em contato, de maneira que na avaliação estática é possível confundir com um ligamento íntegro, ao forçar na manobra de estresse as fibras se distanciam e o diagnóstico é feito. Como desvantagem o ultrassom sob estresse é um exame operador dependente que demanda um treinamento específico do médico examinador sujeito as falhas individuais, pela mesma razão o mesmo diagnóstico para ser confirmado por outro médico precisa que o exame seja feito novamente por ser um exame dinâmico (Saengsin et al., 2022).

A ressonância magnética (RM) é considerada um exame de baixa acurácia para o diagnóstico de lesão ligamentar do tornozelo, apesar de ter boa capacidade para o delineamento

da anatomia da estrutura do ligamento, por se tratar de um exame estático apresenta um alto grau de falsos negativos para lesão ligamentar (Chou *et al.*, 2006). Outro fator que dificulta o diagnóstico do pela ressonância é que o LFTA tem íntimo contato com a cápsula do tornozelo, portanto sua diferenciação das estruturas vizinhas é mais difícil do que nos ligamentos cruzados do joelho por exemplo, que por serem circundados totalmente por líquido sinovial, pelo contraste de densidades se tornam mais visíveis. Ao mesmo tempo é o exame menos invasivo, mais reprodutível e de mais fácil acesso para o diagnóstico.

A artro-ressonância tem poder de diagnóstico maior do que a ressonância convencional e seria o segundo melhor exame para o diagnóstico de instabilidade crônica também porque nos casos de fibras próximas mas desconectadas, o permeio pelo contraste na região torna possível a visualização da ruptura entre as fibras. Chou *et al.* (2006) observaram aumento no valor preditivo positivo para o diagnóstico de lesão do LFTA de 50% na ressonância para 100% na artro-ressonância.

1.4.1.1 Características do LFTA na RM

Ambos os LFTA e posterior são geralmente vistos em uma única imagem axial obtida ligeiramente distal aos ligamentos tibio-fibulares. O LFTA é identificado como uma estrutura fina, linear e de baixa intensidade de sinal e delineado por gordura contígua de alta intensidade de sinal principalmente em sua margem ventral (Muhle *et al.* 1999; Rosenberg; Beltran; Bencardino, 2000). A heterogeneidade é tipicamente observada devido à interposição de gordura entre as fibras ligamentares. O LFTA geralmente é visto em duas imagens sequenciais de RM axiais e obtidas no nível do platô tibial e da cúpula talar. Em imagens axiais, o LFTA geralmente aparece estriado e descontínuos devido à gordura interposta entre os fascículos dos ligamentos e ao curso descendente e oblíquo em direção à sua inserção no tálus (Rosenberg; Beltran; Bencardino, 2000). (Figuras 11, 12 e 13).

A RM pode mostrar descolamento, descontinuidade, espessamento, adelgaçamento, irregularidade do contorno do ligamento, um sinal de borda brilhante ou uma avulsão óssea associada. A heterogeneidade com aumento da intensidade do sinal intra-ligamentar em imagens ponderadas em T2 ou intermediárias com supressão de gordura é indicativa de edema intra-substância ou hemorragia (Rosenberg; Beltran; Bencardino, 2000).

Obliteração dos planos de gordura ao redor do ligamento, extravasamento de líquido articular para os tecidos moles adjacentes e contusões talaras também podem ser observados.

A ruptura crônica geralmente se manifesta como espessamento, adelgaçamento, alongamento e contorno ondulado ou irregular do ligamento. A diminuição da intensidade do sinal na gordura adjacente aos ligamentos é indicativa de cicatrização ou proliferação sinovial (Mesgarzadeh *et al.*, 1994; Bencardino; Rosenberg; Delfaut, 1999).

O LFC é frequentemente visto como uma banda de baixo sinal paralela à parede lateral do calcâneo em imagens de RM axiais de rotina obtidas com o pé em flexão plantar (Bencardino; Rosenberg; Delfaut, 1999).

1.5 TRATAMENTO

1.5.1 Tratamento Conservador

Todas as lesões agudas são tratadas de maneira conservadora, tanto por se acreditar que é possível a cicatrização de uma lesão mesmo que completa com tratamento não cirúrgico, quanto porque o diagnóstico pelos exames de imagem das lesões completas é dificultado na fase aguda pelo edema das estruturas (Zhang *et al.*, 2017).

Por essas razões todos os pacientes são inicialmente tratados conservadoramente, o tratamento cirúrgico é indicado para pacientes com instabilidade crônica (seis meses de sintomas) com comprovação da instabilidade mecânica (Gribble *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2017; Halabchi; Hassabi, 2020).

Há vários protocolos mas é comumente aceito o uso de bota ou gesso para imobilização para tratamento da rotação interna do tornozelo durante a marcha. Carga é liberada conforme tolerado uma vez que com o tornozelo em neutro a tensão sobre o ligamento tende a ser mínima não sendo necessário limitar a carga ao doente (Gribble *et al.*, 2016; Halabchi; Hassabi, 2020). Após 15 dias exercícios de força e equilíbrio são iniciados, o uso de botas por período mais longo que 15 dias incorre no risco de atrofia da musculatura eversora do tornozelo, fundamental para estabilidade do tornozelo, o que poderia gerar piora da estabilidade do tornozelo no longo prazo (Gribble *et al.*, 2016). Órteses como tensores do tornozelo e estabilizadores são utilizados para alívio dos sintomas do paciente neste período que persistirem os sintomas.

A complexidade de intensidade dos exercícios é elevada e persiste-se no tratamento conservador até a evidência de instabilidade crônica mecânica, a dificuldade em alguns casos da confirmação da instabilidade mecânica, seja pela subjetividade do exame físico ou pela baixa acurácia da ressonância magnética tende a retardar o tratamento definitivo do paciente.

1.5.2 Tratamento Cirúrgico

Estudos atuais demonstram que o fascículo superior do LFTA é uma estrutura intra-articular e todo o ligamento apresenta baixo suprimento sanguíneo e a matriz de colágeno é de baixa qualidade, motivo que dificulta ou impossibilita a cicatrização de lesões completas crônicas (Golanó *et al.*, 2010). O tratamento cirúrgico é indicado na falha do tratamento conservador após o diagnóstico de instabilidade mecânica, ou seja, paciente percebe a instabilidade do tornozelo e no exame físico denota-se presença da gaveta anterior do tornozelo. (e z a n *et al.*, 2017; Halabchi; Hassabi, 2020; Lacerda *et al.*, 2023)

A literatura descreve técnicas anatômicas quando se utiliza o próprio tecido do ligamento para a reconstrução, ou técnicas não anatômicas quando se utiliza outros tecidos para a reconstrução, em geral tendões do paciente ou de cadáver (Brostroem, 1964; Vega *et al.*, 2013). A técnica mais utilizada na literatura é o Bröstrom-Gould (uma técnica anatômica) ou suas variações (Brostroem, 1964). Nesta técnica o ligamento é suturado com reforço do retináculo dos extensores, em geral inserido na fíbula para cobrir a região do ligamento suturado. Esse reforço do retináculo se mostrou necessário devido ao alto índice de falha na técnica de Bröstrom isolado. (Nery *et al.*, 2011; Xu; Lee, 2016).

O fato de a sutura isolada do ligamento ser insuficiente para estabilização do tornozelo é mais um indício da má qualidade do colágeno do ligamento e de sua pobre irrigação sanguínea, o que corrobora as evidências mais recentes de que a lesão completa do ligamento não tem potencial biológico para cicatrização no tratamento conservador (Nery *et al.*, 2011; Xu; Lee, 2016).

Diversas variações da técnica de Bröstrom-Gould estão atualmente em uso, sendo as mais comumente utilizadas; a técnica aberta onde o tecido do ligamento é inserido juntamente com o tecido do retináculo dos extensores na fíbula e recoberto com um flap de periósteo da fíbula (bencardino; Rosenberg; Delfaut, 1999) esta mesma técnica pode ser adicionada de uma fita de alta resistência conectada por âncoras na fíbula e no tálus para gerar proteção ao ligamento reconstruído (Jain *et al.*, 2022). Na técnica artroscópica preconizada por Yang *et al.* (2022) a ponta da fíbula é cauterizada para sua cruentização e o tecido do ligamento e retináculo são inseridos na fíbula. Esta técnica demonstrou a mesma resistência mecânica que a técnica aberta (Moorthy *et al.*, 2021). A técnica percutânea também consiste na inserção dos tecidos na fíbula como a técnica artroscópica no entanto sem a etapa a cruentização da fíbula.

1.5.2.1 O Desafio da Decisão para o Tratamento Cirúrgico

Como visto até então, a instabilidade crônica mecânica do tornozelo pode ter uma apresentação subclínica em pacientes sedentários e mesmo assim proporcionar aumento progressivo da morbidade, com a evolução para a instabilidade rotatória do tornozelo, e assim, o diagnóstico adequado da lesão completa do ligamento é fundamental para a decisão sobre o tratamento (Gribble *et al.*, 2016; Reijman *et al.*, 2021; Gibboney; Dreyer, 2022).

A base mais importante para o diagnóstico é a queixa de instabilidade referida pelo paciente associado a gaveta anterior do tornozelo perceptível pelo médico ao exame físico. Esse critério clínico é mais propenso à falha por depender do examinador e dessa maneira, os exames subsidiários são importantes para o diagnóstico (Tourné *et al.*, 2019; Shim *et al.*, 2020; Saengsin *et al.*, 2022).

A RM é o exame mais utilizada para o diagnóstico, no entanto, diversos estudos demonstraram sua baixa acurácia (Tan; The; Chee, 2016; Park *et al.*, 2012). Apesar de não ser um método diagnóstico examinador dependente, a baixa acurácia se justifica por ser um exame estático, o que é capaz de permitir falsos negativos caso o ligamento faça efeito sanfona, tendo espessura normal no repouso mas tornando-se delgado e incompetente no estresse. A RM também tem potencial para falsos positivos uma vez que se trata de um exame muito sensível à pequenas alterações morfológicas do ligamento sem significado clínico. Estratégias para aumentar a acurácia do diagnóstico pela RM teriam direto impacto sobre a prática clínica.

1.6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O AUXÍLIO DIAGNÓSTICO PELA RM

O diagnóstico auxiliado por computador (DAC) é o sistema baseado em computador que ajuda os médicos a tomarem decisões (D'Amico *et al.*, 2022). Os sistemas DAC são usados para melhorar a qualidade da imagem, o que ajuda a interpretar as imagens médicas corretamente e processar as imagens para destacar as partes visíveis (Muralidhar *et al.*, 2011).

O DAC é uma tecnologia que inclui vários elementos, como conceitos de inteligência artificial (IA), visão computacional e processamento de imagens médicas. A principal aplicação do sistema DAC é encontrar anormalidades no corpo humano (Zhou *et al.*, 2016).

DAC pode ser utilizado para qualquer doença diagnosticável por exames de imagem, a maior parte dos artigos publicados até hoje envolvem o diagnóstico de tumores em especial

tumor de mama, mas já uso descrito para cálculo de idade óssea, retinopatia, Alzheimer entre outras patologias (De Souza *et al.*, 2021; O d u s a m i ; M a s k e l i , 2022) a s ; D a m a

As imagens de RM apresentam muitos artefatos, devido à proximidade entre os tecidos e similaridade entre suas densidades, portanto a exata delimitação da estrutura anatômica pode ser difícil. A primeira função da visão computacional no DAC é padronizar a qualidade da imagem e a extração da região de interesse (RI) o que facilita o diagnóstico da lesão da estrutura pelo médico ou por um software específico para essa função (Zhou *et al.*, 2016; De Souza *et al.*, 2021).

O diagnóstico de patologias ortopédicas e estadiamento das patologias têm sido possível através da análise da estrutura molecular dos tecidos afetados. A visão computacional para o diagnóstico e estadiamento de artrose do joelho através da quantificação dos proteoglicanos na matriz extracelular já foi possível com bons resultados (Na *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2022), assim como o diagnóstico da tendinose do tendão calcâneo através da estimativa da qualidade do colágeno na região (Juras *et al.*, 2013).

1.6.1 Como funciona o DAC

Primeiramente o dado a ser estudado é extraído do exame de imagem, neste caso RNM, a extração da imagem é feita nas seguintes etapas.

1.6.1.1 Pré-Processamento

O pré-processamento imagem a ser analisada é trabalhada para melhor visualização com a retirada de ruídos, filtragem e harmonização da imagem (Pnraj *et al.*, 2011).

1.6.1.2 Segmentação

Na segmentação a diferenciação da escala de cinza para identificar a estrutura anatômica a ser analisada, compara-se com imagens anatômicas da estrutura para definição do contorno esperado da estrutura e diferencia-se a estrutura dos tecidos vizinhos (Dhungel; Carneiro; Bradley, 2015).

1.6.1.3 Análise da Região de Interesse

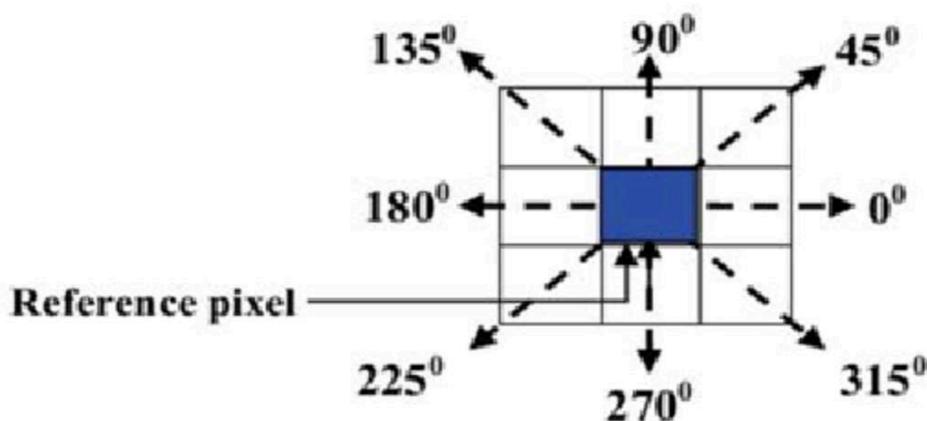
A RI (ROI – Region of Interest) é analisada em relação ao seu volume, densidade, regularidade na escala de cinza, proporção (Wajid; Hussain, 2015).

1.6.1.3.1 Estratégias para a Análise da RI

Para que imagem possa ser analisada ela precisa ser primeiramente extraída, o que significa transformar eletronicamente a informação de uma imagem em números para que possa ser analisada matematicamente. Essa extração é feita através de estratégias computacionais que analisam a distribuição dos pixels na imagem da RM. Os métodos de extração mais utilizados são: matriz de concorrência de nível de cinza (MCNC), padrões binários locais (PBL), Momentos Invariantes da Unidade de Housfield (UH) e características dimensionais (CD) (Sari; Jusman, 2021; Nguyen; Nguyen; Ngo, 2021).

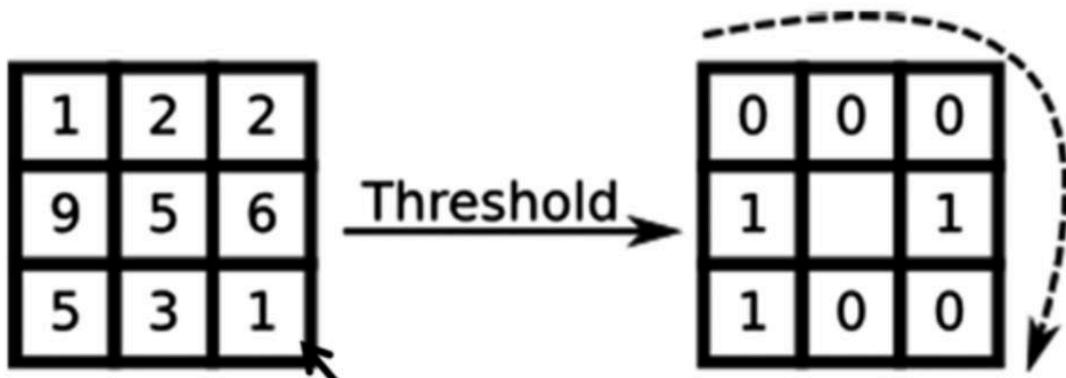
A MCNC analisa a textura da imagem utilizando-se dos diferentes tons de cinza. Representa as frequências relativas de um par de tons de cinza que estão presentes em uma certa distância e ângulo. Isso é feito através da análise de pontos de pixels e sua relação no que tange ângulos e distancias entre eles os valores numéricos destes ângulos e distância vão compor uma tabela numérica que pode ser analisada e comparada de forma matemática com outras tabelas oriundas de outras imagens. (Haralick; Shanmugam; Dinstein, 1973; Sari; Jusman, 2021; Nguyen; Nguyen; Ngo, 2021; Samsudin *et al.*, 2022). (Figura 9). MCNC: a vizinhança de um pixel é analisada quanto a distâncias e ângulos em relação ao pixel de referência

Figura 9 – MCNC



Na estratégia do PBL considera-se oito vizinhos de um pixel e esses são rotulados transformando a vizinhança do pixel em números binários (Dagher; Azar, 2019). Desta maneira ele simplifica a análise de uma região que consiste em um pixel e seus 8 vizinhos (histograma) e passa a analisar toda a imagem com base neste mesmo padrão. Para levar em conta as informações sobre sua localização na imagem, esta é dividida em sub-regiões, onde cada histograma PBL é calculado. Ao concatenar esses histogramas, pode-se obter um histograma geral que leva em consideração as características locais e globais da imagem. A repetição ou não do padrão de vizinhança do pixel determina a característica da estrutura que está sendo analisada e permite o diagnóstico da presença ou ausência de alterações (Samsudin et al., 2022; Aqreerah; Alariyibi; El-Tarhouni, 2022). (Figura 10). Exemplo de histograma da técnica PBL, os 8 pixels vizinhos a um pixel de referência são classificados numericamente e depois transformados em código binário para análise.

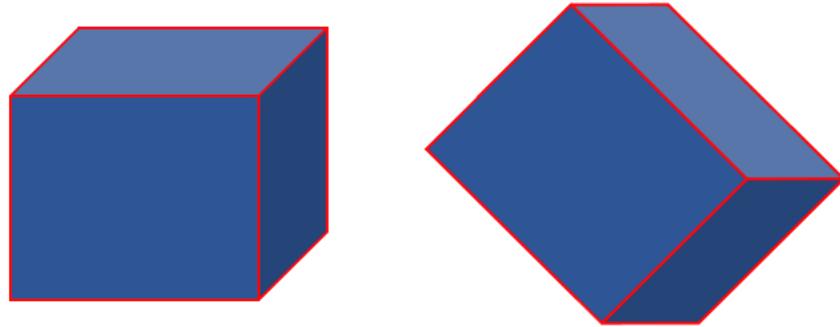
Figura 10 – Exemplo de histograma da técnica PBL,



Fonte: Adaptado de (Dagher; Azar, 2019).

Momentos Invariantes da Unidade de Housfield analisa a escala de cinza da imagem estimando assim a concentração de água a partir de um centróide H_0 , então cada parte da imagem será descrita com relação a sua magnitude de cinza em relação ao H_0 , este método também é bastante utilizado porque analisa características como rotação, translação e escala. (Sari; Jusman, 2011; Aravinda *et al.*, 2019). (Figura 11). Momentos Invariantes de Unidade de Housfield. Esta técnica que usa da escala de cinza para descrever a imagem tem especial utilidade pela capacidade de descrever alterações na rotação, translação e escala o que pode ser fundamental na diferenciação de algumas estruturas, na representação; a rotação que diferencia os dois cubos não seria identificada por outros métodos.

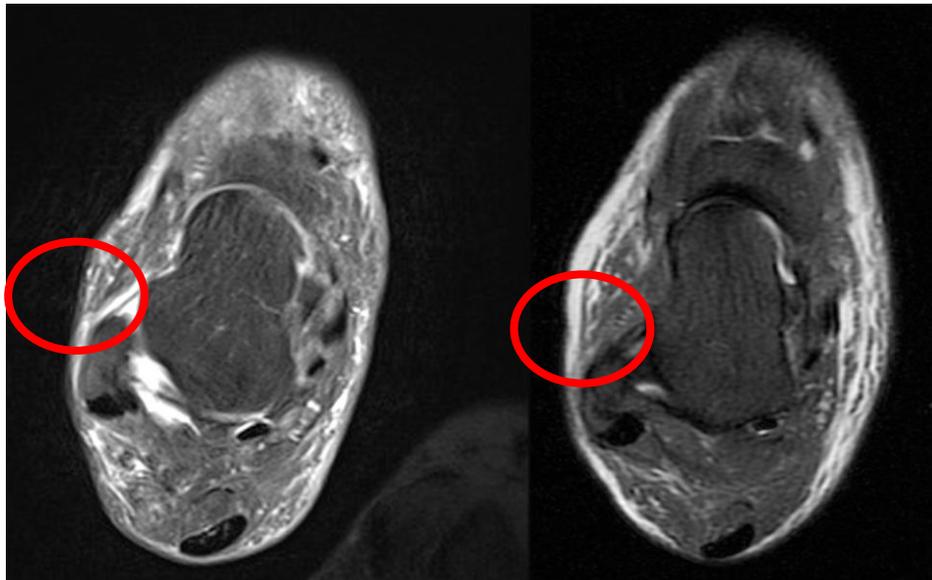
Figura 11 - Momentos Invariantes de Unidade de Housfield



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Características Dimensionais é a análise das estruturas do ligamento com um todo e das estrutura ao redor do ligamento comparando esses componentes completos para classificar duas imagens como iguais ou diferentes. (Figura 12) No método Características Dimensionais estas duas imagens poderiam ser diferenciadas somente baseado na coloração das estruturas ao redor do ligamento.

Figura 12 - Método Características Dimensionais



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

1.6.2 Métodos de Classificação

Uma vez feita a análise descritiva da distribuição de pixels na imagem, esta pode ser classificada para o diagnóstico propriamente dito. Para que ocorra um diagnóstico, uma estrutura precisa ser comparada com estruturas que se considere normal e com estruturas anormais, nas estratégias computacionais o diagnóstico de anormalidade vai ocorrer quando a estrutura analisada for significativamente mais semelhante as estruturas anormais conhecidas do que com as estruturas normais conhecidas.

São métodos utilizados para a classificação: Floresta Aleatória (FA), Percepção Multicamada (PM), Support Vector Machine (SVM) e k-Nearest Neighbors (KNN). Estes métodos são essencialmente semelhantes a medida que comparam duas imagens para classifica-las a partir das características de cada um dos seus pixels, a distinção entre elas se dá no modelo matemático empregado para que isso ocorra.

Floresta Aleatória (FA) é uma das possibilidades mais utilizadas e se trata de um método de aprendizado de máquinas onde múltiplas árvores de tomadas de decisão são analisadas primeiro individualmente e depois em conjunto. Uma árvore de decisão estima a possibilidade do resultado a partir de um evento de acordo com as probabilidades de ocorrência do resultado (Sindhu *et al.*, 2020; Issa, 2022). FR é uma versão aprimorada da decisão do algoritmo de árvore de decisão, considerando que a capacidade de classificação de uma única árvore pode ser pequena. Quando um grande número de árvores de decisão é gerado aleatoriamente, a categorização mais provável das amostras de teste pode ser determinada com base nos resultados da classificação de cada árvore (Xiang; Li; Zhou, 2019).

Neste método uma imagem que está sendo analisada será comparada com todas as imagens que já foram pré-estabelecidas como normais e como anormais. Desta forma ao criar o algoritmo há uma base de dados de imagens da mesma estrutura consideradas normais e um conjunto de imagens desta estrutura consideradas anormais. A imagem que está sendo analisada será comparada com cada uma das imagens do arquivo e seu percentual de semelhança com cada imagem será considerada uma árvore. Cada árvore vai gerar um voto, que basicamente é a quantidade de semelhança entre a estrutura analisada e estrutura padrão. Quando a maior parte dos votos, por exemplo, demonstram que a estrutura tem maior semelhança com as normais do que com as anormais será considerada normal, em uma espécie de votação.

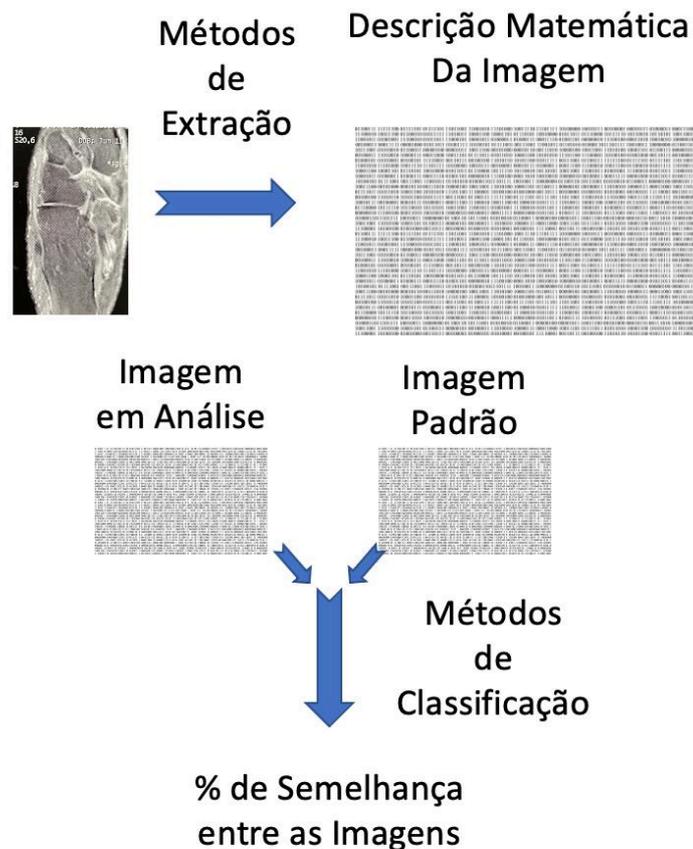
k-Nearest Neighbors tenta classificar cada amostra de um conjunto de dados avaliando sua distância em relação aos vizinhos mais próximos. Se os vizinhos mais próximos forem majoritariamente de uma classe, a amostra em questão será classificada nesta categoria. Desta

forma analisando cada ponto da imagem e comparando com os pontos da imagem padronizada (Wang; Zhang; Jiang, 2021).

Percepção Multicamadas, da mesma maneira que nas outras técnicas a imagem analisada será comparada com as imagens já padronizadas, mas neste método isso é feito através de redes neurais distribuídas em camadas, cada uma observando um aspecto para ocorrer a comparação, e cada uma destas gerando uma camada de saída indicando se a imagem analisada é similar à imagem considerada normal ou anormal (Dutta; Chanda, 2021).

Support Vector Machine, neste método todos os pixels das imagens comparadas são distribuídos a direita e a esquerda de grupo de pixels considerados suportes, de acordo com sua tonalidade, esse suporte é estabelecido agrupando os pixels mais próximos entre si. Pela quantidade de pixels a direita e esquerda do suporte as imagens serão consideradas iguais ou distintas. (Liu *et al.*, 2019). (Figura 13). Representação do funcionamento da extração e classificação.

Figura 13 - Representação do funcionamento da extração e classificação.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

1.7 JUSTIFICATIVA

O diagnóstico da ICT é dificultoso, há grande prevalência de pacientes assintomáticos estes pacientes tendem a ter uma marcha cautelosa e lentificada que os permite não terem queixas, como esse processo ocorre de maneira insidiosa não é relatado pelos pacientes. Ao mesmo tempo, estes pacientes evitam atividades físicas aeróbicas, de certa forma mascarando os sintomas de instabilidade às custas de sedentarismo. Pacientes aparentemente assintomáticos tendem a não despertar a capacidade diagnóstica no médico.

A ICT é espectral evoluindo da lesão parcial de um ligamento à lesão completa de vários ligamentos (instabilidade rotatória), o que dificulta métodos diagnósticos com resposta dicotômica: com ICT ou sem ICT.

Isso torna os métodos auxiliares ao diagnóstico fundamentais e destes o mais amplamente disponível é a RM e, no entanto, diversos estudos demonstraram sua baixa acurácia (Tan; The; Chee, 2016; Park *et al.*, 2012).

Uma solução para este tipo de problemática está sendo utilizado em outras patologias, o uso da IA no diagnóstico de patologias ortopédicas como artrose do joelho (Na *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2022), lesão ligamentar do joelho (Tran *et al.*, 2022) e tendinose do tendão calcâneo (JURAS *et al.*, 2013) demonstrou claro aumento da acurácia diagnóstica da RM. Não há estudos com o uso desta mesma estratégia para o diagnóstico de lesão do LFTA.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Desenvolver e avaliar uma estratégia com o uso de IA para o diagnóstico de instabilidade do tornozelo pelo uso da RM.

2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO

Avaliar a capacidade para o diagnóstico de lesão do LFTA na RM por dois avaliadores independentes e comparar com a capacidade para o diagnóstico da IA.

3 CASUÍSTICA E MÉTODOS

Trata-se de estudo prospectivo caso-controle, foi autorizado pelo Comitê de Ética CAE: 54356421.5.0000.5043. Pacientes consecutivos que buscaram tratamento para patologias o pé e tornozelo entre agosto de 2021 e janeiro de 2022 e que para os quais havia indicação da realização de RM do tornozelo, foram convidados a participar do estudo independentemente da queixa inicial desde que obedecessem aos critérios de inclusão e exclusão do estudo. Os critérios de inclusão foram indivíduos com esqueleto maduro de 18 a 80 anos de idade que aceitassem participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os critérios de exclusão, foram pacientes com história de fratura no pé ou no tornozelo, doenças reumatológicas, cirurgias prévias ou deformidades na região analisada. Pacientes com queixas de entorses agudas (último episódio há menos de 6 meses) também foram excluídos.

Inicialmente 321 pacientes preencheram os critérios de inclusão e exclusão do estudo. Todos os pacientes foram avaliados pelo mesmo examinador médico ortopedista com 10 ano de experiência, segundo os critérios do *Ankle Instability Group* que constam no Anexo 1 e divididos em dois grupos baseados nestes critérios: com ICT e sem ICT. Os diagnósticos mais comuns que geraram a necessidade da realização de RM nos pacientes sem ICT foram: tendinose do tendão calcâneo, alterações do eixo da pisada e fascíte plantar.

O cálculo amostral foi baseado no estudo de Chen *et al.* (2022), em um estudo com a mesma finalidade, avaliar a acurácia para o diagnóstico de ICT de uma ferramenta diagnóstica, os autores concluíram que seriam necessários 123 pacientes para cada grupo (com e sem ICT). Para evitar tempo prolongado na pesquisa uma vez que a inserção de pacientes no grupo com ICT era lenta, optou-se por fazer uma primeira análise estatística quando o grupo com ICT estava com 45 membros e o sem ICT estava com 276 para observar a pertinência da continuidade da inserção de novos indivíduos. Com este resultado estatístico

Dentre os critérios estabelecidos pelo *Ankle Instability Group* um escore precisa ser aplicado para caracterização da ICT, foi optado pelo CAIT por este ter validação em português (Costa, 2017). Quadro 2. Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) (COSTA, 2017) Validado Para Língua Portuguesa, e do Ankle Instability Instrument.

Quadro 2 - Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)

	ESQ	DIR	Pontuação		ESQ	DIR	Pontuação
Assinale a alternativa que descreve seus tornozelos da forma mais adequada.				5. Sinto INSTABILIDADE no tornozelo quando fico num só pé			
1. Sinto dor no tornozelo				Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	Na ponta do pé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
Quando pratico esportes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	Com o pé inteiro no chão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Quando corro em superfícies irregulares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	6. Sinto INSTABILIDADE no tornozelo quando			
Quando corro em superfícies planas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Quando ando em superfícies irregulares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Pulo de um lado para o outro numa só perna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
Quando ando em superfícies planas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	Quando pulo no mesmo lugar numa só perna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
2. Sinto INSTABILIDADE no tornozelo				Quando pulo com as duas pernas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	7. Sinto INSTABILIDADE no tornozelo quando			
Às vezes quando pratico esportes (nem sempre)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Freqüentemente quando pratico esportes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Corro em superfícies irregulares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Às vezes durante atividades diárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Corro lentamente em superfícies irregulares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
Freqüentemente durante atividades diárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	Ando em superfícies irregulares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
3. Quando me viro BRUSCAMENTE, sinto INSTABILIDADE no tornozelo				Ando em uma superfície plana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	8. TÍPICAMENTE quando começo a torcer o tornozelo, consigo parar			
Às vezes quando corro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Imediatamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Freqüentemente quando corro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Freqüentemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
Quando ando	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	Às vezes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
4. Quando desço escadas, sinto INSTABILIDADE no tornozelo				Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Nunca torci o tornozelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Se for rapidamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	9. Após um entorse TÍPICO, meu tornozelo volta ao normal			
Ocasionalmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Quase imediatamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Sempre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	Em menos de um dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
				Em 1 a 2 dias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
				Em mais de 2 dias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
				Nunca torci o tornozelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3

(continued)

Note: The scoring scale is on the right. The scoring system is not visible on the subject's version.

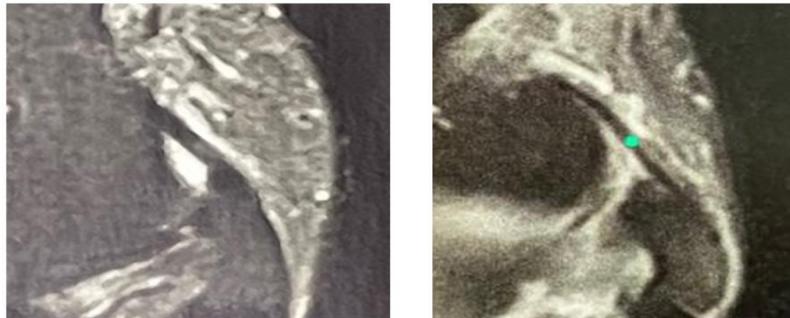
Fonte: (COSTA, 2017) Validado Para Língua Portuguesa, e do Ankle Instability Instrument.

3.1 ANÁLISE DAS IMAGENS DA RM

As imagens da RM dos pacientes de ambos os grupos (com e sem ICT) foram analisadas de acordo com as descrições presentes na literatura sobre a morfologia normal do LFTA na RNM (Bencardino; Roserberg; Delfaut, 1999; Teramoto *et al.*, 2020). Os cortes axiais em T2 do LFTA foram avaliados por dois médicos ortopedistas especialistas em cirurgia do pé e tornozelo. Foram utilizados os cortes axiais em T2 que melhor definissem o ligamento, em geral os cortes axiais 0,5 cm acima até 1 cm abaixo da ponta da fibula. O protocolo considerado para análise com cortes axiais T2 foi TR = 3512 ms, TE = 58,56, FOV = 66 × 24 cm e ST = 4 mm. Sem que os examinadores soubessem o diagnóstico feito na avaliação presencial (que havia sido realizada por um dos dois médicos ortopedistas), as imagens foram divididas em três grupos: LFTA normal, LFTA anormal e LFTA ausente. Considerou-se LFTA normal quando

o ligamento apresentava bordas bem definidas, não curvilíneo e cor totalmente homogênea. LFTA ausente significa a total indefinição das fibras do ligamento. LFTA anormal são aqueles com alterações do contorno, heterogêneos em sua coloração ou não retilíneos. (Bencardino; Roserberg; Delfaut, 1999; Teramoto *et al.*, 2020) As Figuras 14, 15 e 16 demonstram as características da imagem de cada grupo. Exemplos de LFTA normais na RM, Exemplos de LFTA anormais a RM. A: ligamento anormal por falta de homogeneidade das fibras em um ponto específico (ponto de ruptura?). B: ligamento anormal por aparente desinserção. C: ligamento anormal por heterogeneidade das fibras em todo seu comprimento.

Figura 14 - Exemplos de LFTA normais na RM.



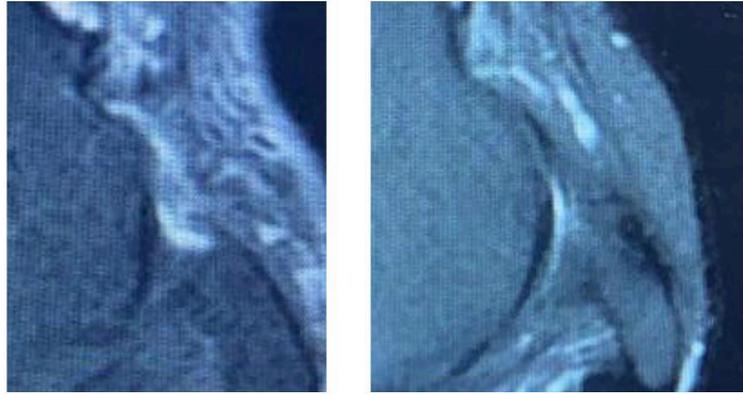
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 15 - Exemplos de LFTA anormais a RM



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 16 - Exemplos de LFTA ausente na RM.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

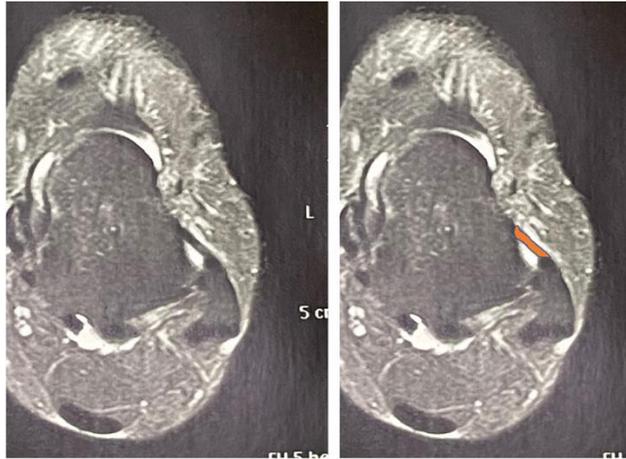
3.2 ANÁLISE DA RM PELA IA

Considerando os dois grupos formados: com ICT e sem ICT, os mesmos cortes axiais em T2 selecionados e utilizados pelos médicos para o estudo do LFTA, em geral um ou dois cortes, são apresentados ao computador. Os experimentos foram executados em um PC com Windows 11, 8-core i7 11800H 4.6GHz CPU, 16Gb de DDR4 RAM, 3200 MHz, e NVIDIA Geforce RTX 3060, 6GB GDDR6 cartão gráfico.

As RI de todas as imagens analisadas foram selecionadas manualmente por um dos médicos do grupo (Figura 17). Seleção da RI.

Figura 17 - Seleção da RI.

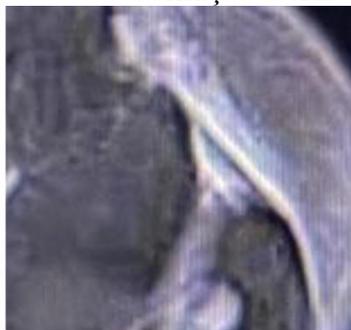




Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A Figura 18 exemplifica o funcionamento da extração feita pelo método MCNC após a definição da RI. Exemplo da análise feita pelo método MCNC. Para este LFTA estes três histogramas estavam presentes em 66% da RI. A RI apresentou outros 894 histogramas, desta forma esta RI foi representada matematicamente por todos os histogramas que a compõem e por suas respectivas frequências.

Figura 18 - Funcionamento da extração feita pelo método MCNC após a definição da RI



128 ^o 45	28 ^o 99	71 ^o 445	44 ^o 76	68 ^o 34	91 ^o 5	44 ^o 667	28 ^o 99	41 ^o 433
192 ^o 78	0	8 ^o 57	82 ^o 34	0	66 ^o 43	32 ^o 999	0	34 ^o 752
19 ^o 599	89 ^o 88	34 ^o 149	88 ^o 676	13 ^o 737	94 ^o 47	123 ^o 1	34 ^o 82	12 ^o 60

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A extração foi realizada em todas as imagens dos pacientes do estudo utilizando-se todos os métodos descritos na introdução isoladamente ou em conjunto, pela possibilidade de ao se associar métodos de extração existir melhor precisão na descrição matemática da imagem. (Tabela 1) As 15 combinações de estratégias de extração que foram utilizadas para descrever matematicamente as imagens da RM.

Tabela 1- Combinações de estratégias de extração

MCNC	Estratégia 1
PBL	Estratégia 2
UH	Estratégia 3
CD	Estratégia 4
MCNC + PBL	Estratégia 5
MCNC + UH	Estratégia 6
MCNC + CD	Estratégia 7
PBL + HU	Estratégia 8
PBL + CD	Estratégia 9
CD + UH	Estratégia 10
MCNC + UH + PBL	Estratégia 11
MCNC + CD + PBL	Estratégia 12
MCNC + CD + UH	Estratégia 13
PBL + UH + CD	Estratégia 14
MCNC + UH + CD + PBL	Estratégia 15

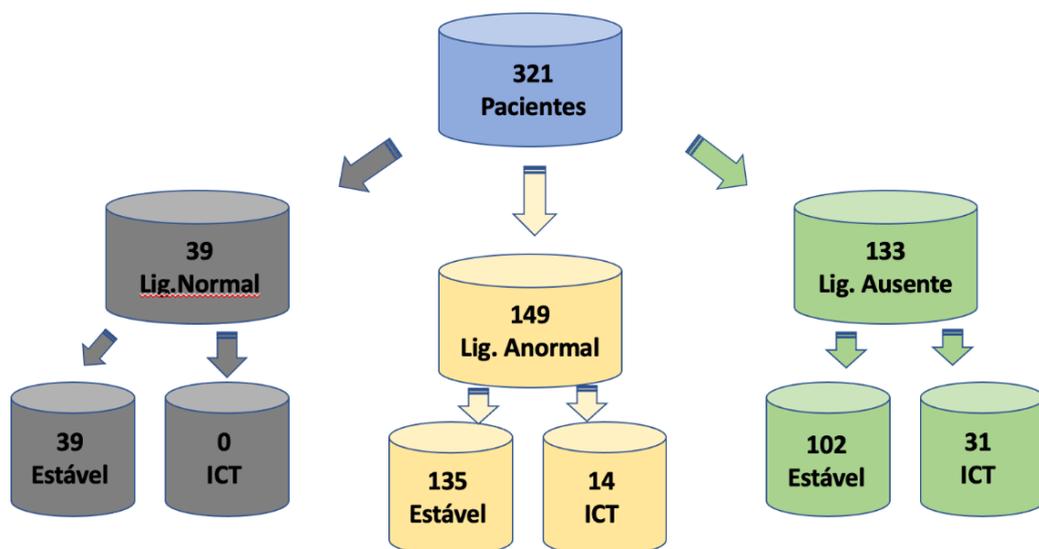
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Cada uma das estratégias de associação dos métodos de extração foi classificada pelos métodos: Floresta Aleatória FA), Percepção Multi-camada (PM), Support Vector Machine (SVM) e k-Nearest Neighbors (KNN).

4 RESULTADOS

Dos 321 pacientes incluídos no estudo 188 foram mulheres, 133 homens, a média de idade foi 43,89 anos (IC 41,98 – 45,80), idade mínima 18 anos e idade máxima 81 anos. A Figura 17 apresenta a presença de ICT entre os três grupos de imagens da RM (normal, anormal e ausente). A média de idade do grupo com ICT foi 44,77 anos (IC 41,50 – 48,04), compatível com a média de idade do grupo Estável que foi 43,82 (IC 41,75 – 46,09).

Figura 19 - Distribuição dos pacientes segundo a classificação da imagem na RM e entre os dois grupos Estável e ICT.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Gráfico 1 - Distribuição dos Pacientes por Grupos de Faixa Etária, eixo y número de pacientes, eixo x idade dos pacientes.

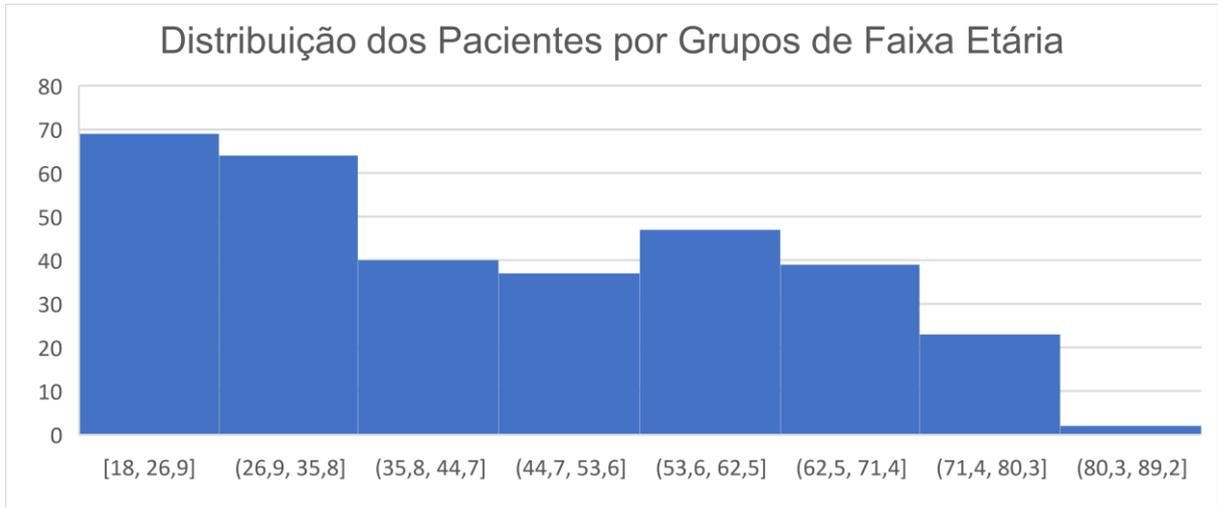


Gráfico 2 - Distribuição dos indivíduos por sexo. Eixo y número de pacientes eixo x sexo.

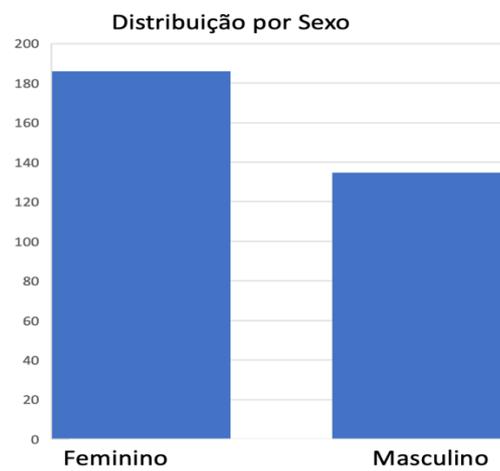


Gráfico 3 - Distribuição dos Escores de CAIT dos indivíduos com ICT.

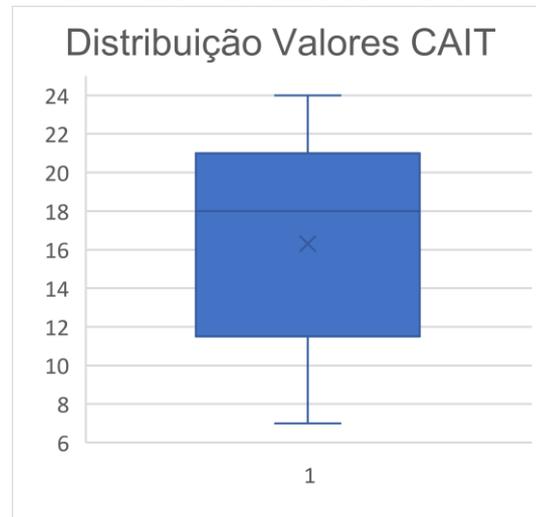


Gráfico 4 - Classificação do LFTA na RM pelo Observador 1

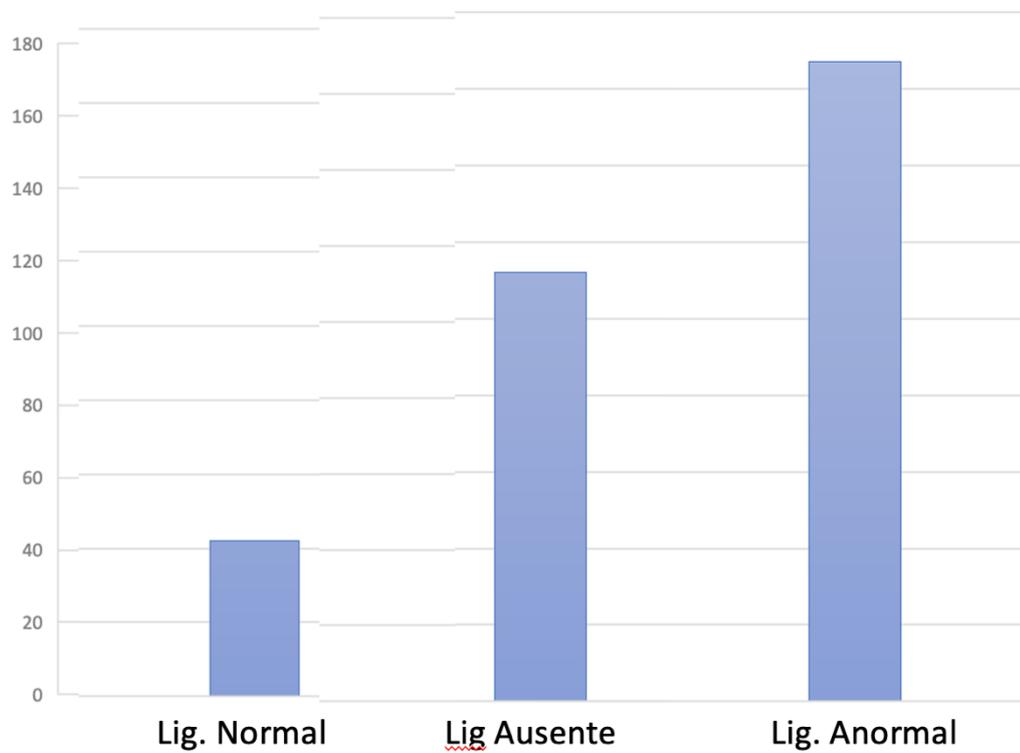
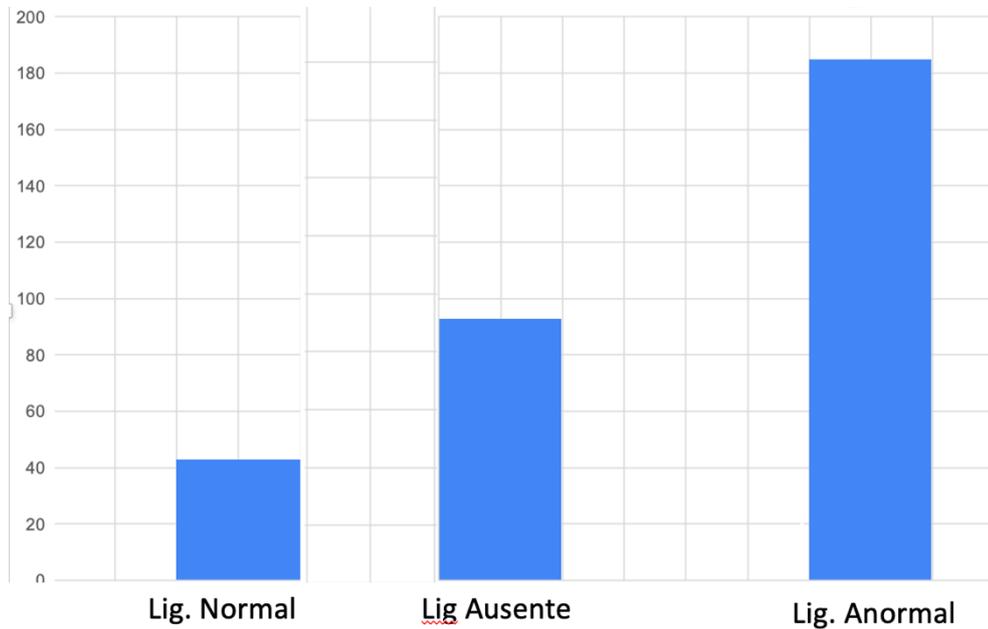


Gráfico 5 - Classificação do LFTA na RM pelo Observador 2



O Índice de Correlação Intraclasse (ICC) inter-observador foi 0,66. Considerando-se para o diagnóstico de ICT qualquer alteração no formato, espessura ou densidade do LFTA; a especificidade da RNM para o diagnóstico de ICT é 100%, e a sensibilidade 16% com acurácia de 26%. Considerando-se apenas a ausência do ligamento na RNM para o diagnóstico de ICT a especificidade é 58% e a sensibilidade 68% e acurácia 63%.

Os resultados das análises das imagens da RNM, características demográficas da população e escore CAIT do grupo de paciente com ICT estão demonstrados na Apêndice A.

A tabela XX mostra a acurácia de cada estratégia para cada método de classificação assim como as taxas de verdadeiros positivos e verdadeiros negativos. Tabela 2: Descrição da capacidade para o diagnóstico em termos de Acurácia, Verdadeiro Positivos (VP) e Verdadeiros Negativos (VN) de cada um dos métodos de Classificação (PM, KNN, SVM e FA) usando-se diferentes estratégias de extração das imagens.

Tabela 2 - Diagnóstico em termos de Acurácia

Estratégias	Métrica	PM	KNN	SVM	FA

Estratégia 1	Acurácia	49.26 ± 2.12	55.73 ± 5.18	59.75 ± 5.14	70.60 ± 5.74
	VP	49.40 ± 43.60	54.70 ± 11.94	57.64 ± 13.49	75.98 ± 11.03
	VN	48.92 ± 44.98	56.79 ± 11.66	61.83 ± 14.96	65.29 ± 10.60
Estratégia 2	Acurácia	74.87 ± 3.94	72.56 ± 7.51	58.90 ± 5.88	80.60 ± 4.84
	VP	73.28 ± 8.95	72.20 ± 12.38	81.69 ± 15.37	83.35 ± 6.98
	VN	76.39 ± 8.20	72.69 ± 10.19	36.94 ± 22.44	77.72 ± 9.70
Estratégia 3	Acurácia	48.78 ± 1.11	44.51 ± 6.06	48.78 ± 1.11	51.58 ± 7.28
	VP	60.00 ± 48.98	43.40 ± 9.06	60.00 ± 48.98	49.78 ± 9.62
	VN	40.00 ± 48.98	45.69 ± 8.10	40.00 ± 48.98	53.36 ± 9.57
Estratégia 4	Acurácia	62.80 ± 6.40	60.36 ± 5.91	65.85 ± 5.82	65.73 ± 6.38
	VP	65.55 ± 12.84	61.82 ± 11.46	77.98 ± 14.22	68.23 ± 13.68
	VN	60.19 ± 14.29	58.92 ± 8.96	53.70 ± 12.01	63.27 ± 9.19
Estratégia 5	Acurácia	51.82 ± 4.74	58.29 ± 6.16	64.75 ± 6.09	81.95 ± 4.52
	VP	30.88 ± 38.94	54.96 ± 12.33	69.63 ± 10.70	85.03 ± 7.10
	VN	72.67 ± 38.65	61.72 ± 9.15	59.98 ± 10.15	78.92 ± 7.65
Estratégia 6	Acurácia	53.04 ± 5.71	55.48 ± 6.97	65.24 ± 6.97	71.09 ± 4.89
	VP	17.95 ± 29.87	54.64 ± 12.58	70.03 ± 13.38	76.54 ± 8.30

	VN	87.30 ± 23.85	56.50 ± 10.91	60.35 ± 9.23	65.74 ± 8.65
Estratégia 7	Acurácia	50.36 ± 8.70	59.51 ± 5.99	68.65 ± 7.95	76.46 ± 6.51
	VP	68.92 ± 30.36	60.99 ± 12.56	72.57 ± 14.54	80.97 ± 9.90
	VN	32.15 ± 34.19	57.95 ± 10.00	64.82 ± 10.35	71.84 ± 7.67
Estratégia 8	Acurácia	71.95 ± 6.83	68.41 ± 9.64	58.04 ± 6.00	78.78 ± 5.92
	VP	73.58 ± 9.03	67.66 ± 11.93	70.89 ± 29.58	80.19 ± 8.07
	VN	70.41 ± 10.63	69.21 ± 10.96	46.39 ± 26.99	77.44 ± 9.46
Estratégia 9	Acurácia	65.12 ± 5.97	59.39 ± 5.41	58.04 ± 6.00	62.80 ± 4.21
	VP	69.96 ± 14.58	63.65 ± 9.00	70.89 ± 29.58	75.02 ± 12.15
	VN	60.27 ± 10.47	55.17 ± 9.08	46.39 ± 26.99	50.88 ± 13.31
Estratégia 10	Acurácia	60.12 ± 6.78	57.92 ± 4.99	65.48 ± 6.13	64.63 ± 4.11
	VP	61.95 ± 14.54	59.32 ± 10.99	77.72 ± 12.80	69.15 ± 10.49
	VN	58.48 ± 9.81	56.55 ± 7.64	53.39 ± 12.50	60.21 ± 9.55
Estratégia 11	Acurácia	49.39 ± 1.86	58.17 ± 6.95	62.31 ± 4.39	78.90 ± 5.93
	VP	9.25 ± 27.76	55.41 ± 9.15	69.30 ± 7.65	82.65 ± 8.35
	VN	90.00 ± 30.00	61.01 ± 13.41	55.30 ± 9.33	75.13 ± 7.91

Estratégia 12	Acurácia	52.56 ± 5.89	60.85 ± 6.38	71.09 ± 7.03	80.60 ± 5.08
	VP	42.41 ± 43.44	59.57 ± 9.06	75.77 ± 12.73	84.34 ± 6.79
	VN	62.39 ± 42.59	62.23 ± 10.82	66.39 ± 9.33	76.83 ± 8.99
Estratégia 13	Acurácia	50.60 ± 4.28	62.19 ± 5.94	70.36 ± 6.95	76.09 ± 6.43
	VP	68.67 ± 37.71	61.95 ± 9.41	75.64 ± 9.73	81.19 ± 8.34
	VN	33.40 ± 39.97	62.48 ± 9.89	65.30 ± 13.51	71.00 ± 7.47
Estratégia 14	Acurácia	53.53 ± 7.99	60.24 ± 6.41	67.92 ± 5.57	82.56 ± 6.27
	VP	39.85 ± 40.03	60.75 ± 9.12	76.44 ± 6.62	83.85 ± 8.96
	VN	68.01 ± 38.75	59.72 ± 8.70	59.53 ± 10.73	81.36 ± 8.70
Estratégia 15	Acurácia	56.09 ± 10.34	60.48 ± 6.96	72.43 ± 5.29	81.70 ± 5.94
	VP	49.59 ± 31.67	61.88 ± 12.69	78.58 ± 13.05	83.38 ± 11.25
	VN	63.27 ± 32.64	58.98 ± 12.01	66.35 ± 8.56	79.95 ± 9.35

A acurácia e maior taxa de verdadeiro negativos mais elevada foi observada na estratégia de extração 14 (PBL + UH + CD) quando classificada pelo método FA; 82,56 e 81,36 respectivamente. A maior taxa de verdadeiro positivos foi observada na estratégia 5 (PBL + MCNC) quando analisada pelo método FA; 85,03.

5 DISCUSSÃO

O entorse do tornozelo é provavelmente a lesão traumática ortopédica mais comum no ser humano e ocorre por mecanismo de trauma onde o pé fica preso a uma irregularidade no solo, enquanto o corpo roda em sentido horário e mantém do avanço a frente, forçando o pé em flexão plantar e inversão. A RM é exame amplamente disponível e constantemente utilizada para o diagnóstico de ICT (Cao *et al.*, 2018) mas como observado neste estudo a morfologia mais frequentemente encontrada para o LFTA não é a de um ligamento retilíneo e homogêneo, dos 321 tornozelos analisados apenas 39 apresentavam esta morfologia. Isso provavelmente se deve à alta prevalência de entorses do tornozelo e de falseios. De fato, é difícil imaginar que um indivíduo aos 40 anos nunca tenha tido um falseio mesmo que indolor em um terreno irregular, é possível que esses múltiplos episódios sejam capazes de alterar a morfologia do LFTA mesmo sem gerar a ICT (Teramoto *et al.*, 2020).

São considerados ligamentos alterados na RM os ligamentos ausentes, descontínuos ou curvilíneos, assim como ligamentos com aumento do sinal (Joshy *et al.*, 2010). Liu, Li, Hua (2017) detectaram que pacientes com ICT apresentam ligamentos mais comprimidos (15.9 vs 14.7) quando comparados com o grupo controle além de mais espessos (3,9 vs 2,8), este estudo não descreve os critérios de inclusão para os diferentes grupos. Adotando estes critérios Kim *et al.* (2008) encontrou acurácia de 86,1% e 78,5% entre seus dois observadores, utilizando como padrão ouro a artroscopia diagnóstica, Joshy *et al.* (2010) relatou 91,7% de acurácia utilizando a artroscopia diagnóstica como referência.

No presente estudo, foram analisados para o diagnóstico da acurácia da RNM para o diagnóstico de ICT tanto o ligamento totalmente homogêneo e de bordas paralelas ou a ausência completa do ligamento, este estudo demonstrou baixíssima acurácia na análise médica das imagens da RM. Barini *et al.* (2021) observaram um valor preditivo positivo de 96% para o diagnóstico de lesão aguda do LFTA na RM, no entanto em sua metaanálise descreve a falta de padronização metodológica para a inclusão dos indivíduos nos grupos com e sem lesão do LFTA, sendo que a maioria dos estudos não descreve os critérios de inclusão e outros estudos utilizam apenas o teste da gaveta do tornozelo, o que faz questionar se esse resultado da metanálise poderia ser levado em consideração.

Apesar da acurácia da RM ser um dado não homogêneo na literatura, a acurácia encontrada neste estudo foi muito baixa, esta é uma aparente falha do estudo que foi uma incapacidade dos examinadores em avaliarem quais seriam as alterações realmente relevantes

para o diagnóstico de ICT. Um treinamento mais aprofundado com a continuação deste estudo pode elevar esta acurácia.

Outro dado interessante é o elevado número de exames com ligamentos ausentes em indivíduos sem ICT, isso pode ocorrer pela estabilidade intrínseca do tornozelo dada pela estabilidade da própria pinça maleolar o que faz com que indivíduos sedentários sejam pouco sintomáticos, não procurando ou relatando no serviço médico a queixa do tornozelo. Isto demonstra uma possível falha deste estudo, para inclusão no grupo ICT o indivíduo deveria ter queixa de dor ou instabilidade do tornozelo, desta maneira indivíduos com ICT subclínica podem ter entrado no grupo controle. Uma correção desta falha seria submeter todos os indivíduos do estudo ao escore CAIT e comparar o escore dos indivíduos com ligamentos ausentes, mesmo sem queixas ativas no tornozelo, com aqueles com ligamentos normais ou anormais.

De fato, uma grande dificuldade encontrada neste estudo e em outros como relatado é como criar o padrão ouro para comparação da RM, foi utilizado o padrão do *Ankle Instability Group* mas este padrão se baseia nas queixas do paciente e está bastante sujeito a viés, dos estudos apresentados os melhores seriam os que utilizam a artroscopia como ferramenta diagnóstica, mas seria difícil imaginar que um estudo seria eticamente aprovado utilizando artroscopia diagnóstica. Futuros estudos poderiam associar exames como a artroressonância e a USG dinâmica para se construir o padrão ouro com o qual a RM ou RM auxiliada pela IA seriam comparados.

Este estudo avaliou apenas o LFTA e não o complexo ligamentar lateral como um todo assim como não foi feita uma distinção clara na análise entre os feixes do LFTA. O LFTA geralmente consiste em dois feixes de fibras e raramente possui três bandas, conforme relatado em estudos anteriores (Vega *et al.*, 2013; Michel *et al.*, 2008). Todos esses feixes geralmente estão presentes na margem fibular anterior de 0,57 mm da ponta da fíbula (Michel *et al.*, 2008). Nesta área, o corte com melhor visualização tendo origem e inserção do ligamento foi selecionado para análise. Como o objetivo principal deste estudo era de comparar a análise médica com a análise computacional, estudar apenas uma estrutura, o LFTA, facilitou a comparação entre os métodos de avaliação.

A análise pela visão computacional utilizando a combinação de dois métodos de extração Padrões binários locais (LBP) e Matriz de Concorrência de Nível de Cinza (GLCM) demonstrou uma análise rápida da estrutura do ligamento. A análise da microestrutura do colágeno usando estratégias computacionais tem demonstrado aumento da acurácia diagnóstica para diversas estruturas como meniscos do joelho (Wang *et al.*, 2016), ligamento cruzado

anterior (Biercevicz *et al.*, 2014a; Biercevicz *et al.*, 2014b) e lesões condrais (Nishioka *et al.*, 2013).

O uso de IA para esta análise do colágeno é uma estratégia mais avançada e ainda pouco reproduzida na literatura. Zhang *et al.*, (2020) observou um aumento da acurácia diagnóstica da lesão do ligamento cruzado do joelho de 89% para 95% com o uso da IA. Lin (2022) observou um aumento da acurácia de 71,1% para 90,7% para o diagnóstico da lesão da fibrocartilagem triangular do punho.

A estratégia utilizada neste estudo permite a análise de qualquer estrutura pela RM o que permite uma grande gama de estudos em diferentes estruturas anatômicas dentro da ortopedia, além da criação de melhores ferramentas diagnósticas para lesões tendíneas, ligamentares ou das cartilagens, estudos de controle pós-operatório poderão ser feitos. Ao se analisar a qualidade do colágeno pela RM seria possível prever a cicatrização de um ligamento ou um tendão e adiantar as etapas da reabilitação. Em especial no pé e tornozelo, testar a eficácia de diferentes estratégias de tratamento do tendão de Aquiles como terapia de ondas de choque ou inoculação de aspirados de medula óssea.

6 CONCLUSÃO

O uso da IA para o diagnóstico de lesão do LFTA pela RM é eficaz e aumentou a acurácia de 63% para 84,34% quando comparada com a análise feita pelos examinadores. A análise feita pelos médicos demonstrou baixa acurácia o que pode se justificar pela falta de padronização na caracterização do LFTA com lesão.

REFERÊNCIAS

AICALE, R.; MAFFULLI, N. Chronic lateral ankle instability: topical review. **Foot Ankle International**, Baltimore, v. 41, n. 12, p. 1571-1581, dez. 2020. DOI: 10.1177/1071100720962803.

AQREERAH, S.; ALARIYIBI A.; EL-TARHOUNI, W. Multispectral palmprint recognition based on three descriptors: LBP, Shift LBP, and Multi Shift LBP with LDA classifier," **2022 IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)**, Sabratha, Libya, p. 506-510, 2022. DOI: 10.1109/MI-STA54861.2022.9837520.

ARAVINDA, C. V.; LIN MENG; UDAY KUMAR REDDY, K. R; AMAR PRABHU. Signature recognition and verification using HOG Features. **Proceedings of the 2019 International Conference on Advanced Mechatronic Systems**, Kusatsu, Shiga, Japan, p. 63-68, ago. 2019. DOI: 10.1109/ICAMechS.2019.8861686.

BALDUINI, F. C.; VEGSO, J. J.; TORG, J. S.; TORG, E. Management and rehabilitation of ligamentous injuries to the ankle. **Ankle Sports Medicine**, Auckland, v. 4, n. 5, p. 364-380, set. 1987. DOI: 10.2165/00007256-198704050-00004.

BARINI, M.; ZAGARIA, D.; LICANDRO, D.; PANSINI, S.; AIROLDI, C.; LEIGHEB, M.; CARRIERO, A. Magnetic resonance accuracy in the diagnosis of anterior talo-fibular ligament acute injury: a systematic review and meta-analysis. **Diagnostics**, Basel, v. 11, n. 10, p. 1782, set. 2021. DOI: 10.3390/diagnostics11101782.

BENCARDINO, J.; ROSENBERG, Z. S.; DELFAUT, E. MR imaging in sports injuries of the foot and ankle. **Magnetic resonance imaging clinics North America**, Philadelphia, v. 7, n. 1, p. 131-49, fev. 1999.

BIERCEVICZ, A. M.; MURRAY, M. M.; WALSH, E. G.; MIRANDA, D. L.; MACHAN, J. T.; FLEMING, B. C. T2 * MR relaxometry and ligament volume are associated with the structural properties of the healing ACL. **Journal of Orthopaedic Research**, New York, v. 32, n. 4, p. 492-499, abr. 2014b. DOI: 10.1002/jor.22563.

BIERCEVICZ, A. M.; WALSH, E. G.; MURRAY, M. M.; AKELMAN, M. R.; FLEMING, B. C. Improving the clinical efficiency of T2(*) mapping of ligament integrity. **Journal of biomechanics**, New York, v. 47, n. 10, p. 2522-2525, jul. 2014a. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2014.03.037.

BROSTROEM, L. Sprained ankles. I. Anatomic lesions in recent sprains. **Acta Chirurgica Scandinavica**, Stockholm, v. 128, p. 483-495, nov. 1964.

BROWN, C.; BOWSER, B.; SIMPSON, K. J. Movement variability during single leg jump landings in individuals with and without chronic ankle instability. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 27, n. 1, p. 52-63, jan. 2012. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.07.012.

BROWN, C. N.; PADUA, D. A.; MARSHALL, S. W.; GUSKIEWICZ, K. M. Variability of motion in individuals with mechanical or functional ankle instability during a stop jump maneuver. **Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)**, Bristol, v. 24, n. 9, p. 762-768, nov. 2009. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2009.07.001.

CAO, S.; WANG, C.; MA, X.; WANG, X.; HUANG, J.; ZHANG, C. Imaging diagnosis for chronic lateral ankle ligament injury: a systemic review with meta-analysis. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, London, v. 13, n. 1, p. 122, mai. 2018. DOI: 10.1186/s13018-018-0811-4.

CHEN, Y.; CAO, S.; WANG, C.; MA, X.; WANG, X. Quantitative analysis with load-displacement ratio measured via digital arthrometer in the diagnostic evaluation of chronic ankle instability: a cross-sectional study. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 287, 2022. DOI: 10.1186/s13018-022-03177-3.

CHOI, J. Y.; LEE, H. I.; KIM, J. H.; SUH, J. S. Radiographic measurements on hindfoot alignment view in 1128 asymptomatic subjects. **Foot Ankle Surgery**, Paris, v. 27, n. 4, p. 366-370, jun. 2021. DOI: 10.1016/j.fas.2020.04.010.

CHOI, W. J.; LEE, J. W.; HAN, S. H.; KIM, B. S.; LEE, S. K. Chronic lateral ankle instability: the effect of intra-articular lesions on clinical outcome. **American Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v. 36, n. 11, p. 2167-2172, nov. 2008. DOI: 10.1177/0363546508319050.

CHOU, M. C.; YEH, L. R.; CHEN, C. K.; PAN, H. B.; CHOU, Y. J.; LIANG, H. L. Comparison of plain MRI and MR arthrography in the evaluation of lateral ligamentous injury of the ankle joint. **Journal of Chinese Medical Association**, Taipei, v. 69, n. 1, p. 26-31, jan. 2006. DOI: 10.1016/s1726-4901(09)70107-8.

COSTA, A. **Adaptação e validação para a cultura portuguesa do the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) e do Ankle Instability Instrument (AII)**. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia - Especialização do Movimento Humano). Repositório Comum. IPC - Instituto Politécnico de Coimbra IPC - ESTeSC - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Portugal. 2017.

CREMA, M. D.; KRIVOKAPIC, B.; GUERMAZI, A.; GRAVILOVIC, P.; POPOVIC, N.; D'HOOGHE, P.; ROEMER, F. W. MRI of ankle sprain: the association between joint effusion and structural injury severity in a large cohort of athletes. **European Radiology**, Berlin, v. 29, n. 11, p. 6336-6344, nov. 2019. DOI: 10.1007/s00330-019-06156-1.

CRIM, J. Medial-sided Ankle Pain: Deltoid Ligament and Beyond. **Magnetic Resonance Imaging Clinics North America**, Philadelphia, v. 25, n. 1, p. 63-77, fev. 2017. DOI: 10.1016/j.mric.2016.08.003.

D'ANTONI, F.; RUSSO, F.; AMBROSIO, L.; BACCO, L.; VOLLERO, L.; VADALÀ, G.; MERONE, M.; PAPALIA, R.; DENARO, V. Artificial intelligence and computer aided diagnosis in chronic low back pain: a systematic review. **International Journal Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 19, n. 10, p. 5971, mai. 2022. DOI: 10.3390/ijerph19105971.

DAGHER, I.; AZAR, F. Improving the SVM gender classification accuracy using clustering and incremental learning. **Expert Systems**, Madrid, v. 36, 2019.

DALMAU-PASTOR, M.; MALAGELADA, F.; CALDER, J.; MANZANARES, M. C.; VEGA, J. The lateral ankle ligaments are interconnected: the medial connecting fibres between the anterior talofibular, calcaneofibular and posterior talofibular ligaments. **Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy**, Heidelberg, v. 28, n. 1, p. 34- 39, jan. 2020. DOI: 10.1007/s00167-019-05794-8.

DE SOUZA, R. W. R.; SILVA, D. S.; PASSOS, L. A.; RODER, M.; SANTANA, M. C.; PINHEIRO, P. R.; DE ALBUQUERQUE, V. H. C. Computer-assisted Parkinson's disease diagnosis using fuzzy optimum- path forest and Restricted Boltzmann Machines. **Computers in Biology and Medicine**, New York, v. 131, p. 104260, abr. 2021. DOI: 10.1016/j.combiomed.2021.104260.

DELAHUNT, E.; COUGHLAN, G. F.; CAULFIELD, B.; NIGHTINGALE, E. J.; LIN, C. W.; HILLER, C. E. Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 42, n. 11, p. 2106-2121, nov. 2010. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181de7a8a.

DELFAUT, E. M.; DEMONDION, X.; BOUTRY, N.; COTTON, H.; MESTDAGH, H.; COTTON, A. Multi-fasciculated anterior talo-fibular ligament: reassessment of normal findings. **European Radiology**, Berlin, v. 13, n. 8, p. 1836-1842, aug. 2003. DOI: 10.1007/s00330-003-1853-4.

DHUNGEL, N.; CARNEIRO, G.; BRADLEY, A. P. Deep learning and structured prediction for the segmentation of mass in mammograms. **International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention**, 2015. DOI:10.1007/978-3-319-24553-9_74

DOWLING, L. B.; GIAKOUMIS, M.; RYAN, J. D. Narrowing the normal range for lateral ankle ligament stability with stress radiography. **Journal Foot Ankle Surgery**, Baltimore, v. 53, n. 3, p. 269-273, mai. 2014. DOI: 10.1053/j.jfas.2013.12.014.

DUTTA, J.; CHANDA, D. Music emotion recognition in assamese songs using MFCC Features and MLP Classifier. **2021 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)**, p. 1-5, 2021. DOI: 10.1109/CONIT51480.2021.9498345.

GIBBONEY, M. D.; DREYER, M. A. Lateral Ankle Instability. In: **StatPearls** [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Jan. 2023.

GOH, J. C.; MECH, A. M.; LEE, E. H.; ANG, E. J.; BAYON, P.; PHO, R. W. Biomechanical study on the load-bearing characteristics of the fibula and the effects of fibular resection. **Clinical orthopaedics and related research**, Philadelphia, n. 279, p. 223-228, jun. 1992.

GOLANÓ, P.; VEGA, J.; DE LEEUW, P. A.; MALAGELADA, F.; MANZANARES, M. C.; GÖTZENS, V.; VAN DIJK, C. N. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. **Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy**, Heidelberg, v. 18, n. 5, p. 557-569, mai. 2010. DOI: 10.1007/s00167-010-1100-x.

GRIBBLE, P. A.; BLEAKLEY, C. M.; CAULFIELD, B. M.; DOCHERTY, C. L.; FOURCHET, F.; FONG, D. T.; HERTEL, J.; HILLER, C. E.; KAMINSKI, T. W.; MCKEON, P. O.; REFSHAUGE, K. M.; VERHAGEN, E. A.; VICENZINO, B. T.; WIKSTROM, E. A.; DELAHUNT, E. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 50, n. 24, p. 1496-1505, dez. 2016. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096189.

GRIBBLE, P. A.; DELAHUNT, E.; BLEAKLEY, C.; CAULFIELD, B.; DOCHERTY, C. L.; FOURCHET, F.; FONG, D.; HERTEL, J.; HILLER, C.; KAMINSKI, T. W.; MCKEON, P. O.; REFSHAUGE, K. M.; VAN DER WEES, P.; VICENZINO, B.; WIKSTROM, E. A. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, Alexandria, v. 43, n. 8, p. 585-591, ago. 2013. DOI: 10.2519/jospt.2013.0303.

GRIMSTON, S. K.; NIGG, B. M.; HANLEY, D. A.; ENGSBERG, J. R. Differences in ankle joint complex range of motion as a function of age. **Foot and Ankle International**, Baltimore, v. 14, n. 4, p. 215-222, mai. 1993. DOI: 10.1177/107110079301400407.

HALABCHI, F.; HASSABI, M. Acute ankle sprain in athletes: clinical aspects and algorithmic approach. **World Journal of Orthopaedics**, Hong Kong, v. 11, n. 12, p. 534-558, dez. 2020. DOI: 10.5312/wjo.v11.i12.534.

HARALICK, R. M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, I. Textural Features for Image Classification. **IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics**, v. 3, n. 6, p. 610-621, dez. 1973.

ISSA, M. E.; HELM, A. M.; AL-QANESS, M. A. A.; DAHOU, A.; ELAZIZ, M. A.; DAMAŠEVIČIUS, R. Human activity recognition on the internet of healthcare things. **Healthcare**, Basel, v. 10, p. 1084, 2022. DOI: 10.3390/healthcare10061084.

JAIN, N. P.; AYYASWAMY, B.; GRIFFITHS, A.; ALDERTON, E.; KOSTUSIAK, M.; LIMAYE, R. V. Is Internal brace augmentation a gold standard treatment compared to isolated Modified Brostrom Gould repair for chronic lateral ligament ankle instability? Effect on functional outcome and Return to preinjury activity: A retrospective analysis. **Foot**, Edinburgh, v. 50, p. 101865, mar. 2022. DOI: 10.1016/j.foot.2021.101865.

JOSHY, S.; ABDULKADIR, U.; CHAGANTI, S.; SULLIVAN, B.; HARIHARAN, K. Accuracy of MRI scan in the diagnosis of ligamentous and chondral pathology in the ankle. **Foot and Ankle Surgery**, London, v. 16, n. 2, p. 78-80, jun. 2010. DOI: 10.1016/j.fas.2009.05.012.

JURAS, V.; APPRICH, S.; SZOMOLANYI, P.; BIERI, O.; DELIGIANNI, X.; TRATTNIG, S. Bi-exponential T2 analysis of healthy and diseased Achilles tendons: an in vivo preliminary magnetic resonance study and correlation with clinical score. **European Radiology**, Berlin, v. 23, n. 10, p. 2814-2822, out. 2013. DOI: 10.1007/s00330-013-2897-8.

- KEMLER, E.; VAN DE PORT, I.; VALKENBERG, H.; HOES, A. W.; BACKX, F. J. Ankle injuries in the Netherlands: trends over 10-25 years. **Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports**, Copenhagen, v. 25, n. 3, p. 331-337, jun. 2015. DOI: 10.1111/sms.12248.
- KIM, H. K.; LAOR, T.; SHIRE, N. J.; BEAN, J. A.; DARDZINSKI, B. J. Anterior and posterior cruciate ligaments at different patient ages: MR imaging findings. **Radiology**, Illinois, v. 247, n. 3, p. 826-835, jun. 2008. DOI: 10.1148/radiol.2473071097.
- LACERDA, D.; PACHECO, D.; ROCHA, A. T.; DINIZ, P.; PEDRO, I.; PINTO, F. G. Current concept review: state of acute lateral ankle injury classification systems. **Journal of the Foot and Ankle Surgery**, Baltimore, v. 62, n. 1, p. 197-203, jan. 2023. DOI: 10.1053/j.jfas.2022.08.005.
- LEE, J.; HAMILTON, G.; FORD, L. Associated intra-articular ankle pathologies in patients with chronic lateral ankle instability: arthroscopic findings at the time of lateral ankle reconstruction. **Foot and Ankle Specialist**, Thousand Oaks, v. 4, n. 5, p. 284-289, out. 2011. DOI: 10.1177/1938640011416355.
- LIN, K. Y.; LI, Y. T.; HAN, J. Y.; WU, C. C.; CHU, C. M.; PENG, S. Y.; YEH, T. T. Deep learning to detect triangular fibrocartilage complex injury in wrist MRI: retrospective study with internal and external validation. **Journal of Personalized Medicine**, Basel, v. 12, n. 7, p. 1029, jun. 2022. DOI: 10.3390/jpm12071029.
- LIU, H.; XIAO, X.; LI, Y.; MI, Q.; YANG, Z. Effective Data Classification via Combining Neural Networks and SVM. **2019 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)**, Nanchang, China, p. 4006-4009, 2019. DOI: 10.1109/CCDC.2019.8832442.
- LIU, W.; LI, H.; HUA, Y. Quantitative magnetic resonance imaging (MRI) analysis of anterior talofibular ligament in lateral chronic ankle instability ankles pre- and postoperatively. **BMC Musculoskeletal Disorders**, London, v. 18, p. 397, 2017. DOI: 10.1186/s12891-017-1758-z.
- LONGO, U. G.; LOPPINI, M.; FUMO, C.; LANOTTE, A.; TROVATO, U.; RISI AMBROGIONI, L.; CANDELA, V.; FORRIOL, F.; DIGIOVANNI, C. W.; DENARO, V. Deep deltoid ligament injury is related to rotational instability of the ankle joint: a biomechanical study. **Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy**, Heidelberg, v. 29, n. 5, p. 1577-1583, mai. 2021. DOI: 10.1007/s00167-020-06308-7.
- LYNCH, S. A. Assessment of the Injured Ankle in the Athlete. **Journal of Athletic Training**, Dallas, v. 37, n. 4, p. 406-412, dez. 2022.
- MCKIERNAN, S.; FENECH, M.; FOX, D.; STEWART, I. Sonography of the ankle: the lateral ankle and ankle sprains. **Sonography**, Melbourne, v. 4, n. 4, p. 14-155, dez. 2017.
- MESGARZADEH, M.; SCHNECK, C. D.; TEHRANZADEH, J.; CHANDNANI, V. P.; BONAKDARPOUR, A. Magnetic resonance imaging of ankle ligaments. Emphasis on anatomy and injuries to lateral collateral ligaments. **Magnetic Resonance Imaging Clinics North America**, Philadelphia, v. 2, n. 1, p. 39-58, fev. 1994.

MICHAEL, J. M.; GOLSHANI, A.; GARGAC, S.; GOSWAMI, T. Biomechanics of the ankle joint and clinical outcomes of total ankle replacement. **Journal of mechanical behavior of biomedical materials (Online)**, Amsterdam, v. 1, n. 4, p. 276–294, out. 2008. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2008.01.005.

MICHEL, P. J. The anatomy in relation to injury of the lateral collateral ligaments of the ankle: a current concepts review. **Clinical Anatomy**, New York, v. 21, n. 7, p. 619-626, 2008.

MILNER, C. E.; SOAMES, R. W. Anatomical variations of the anterior talofibular ligament of the human ankle joint. **Journal of Anatomy**, London, v. 191, n. Pt3, p. 457-458, oct. 1997. DOI: 10.1046/j.1469-7580.1997.19130457.x.

MOORTHY, V.; SAYAMPANATHAN, A. A.; YEO, N. E. M.; TAY, K. S. Clinical outcomes of open versus arthroscopic Broström procedure for lateral ankle instability: a meta-analysis. **Journal of the Foot and Ankle Surgery**, Baltimore, v. 60, n. 3, p. 577-584, mai. 2021. DOI: 10.1053/j.jfas.2020.10.001.

MORAES, M. R.; CAVALCANTE, M. L.; LEITE, J. A.; FERREIRA, F. V.; CASTRO, A. J.; SANTANA, M. G. Histomorphometric evaluation of mechanoreceptors and free nerve endings in human lateral ankle ligaments. **Foot & Ankle International**, Baltimore, v. 29, n. 1, p. 87-90, jan. 2008. DOI: 10.3113/FAI.2008.0087.

MUHLE, C.; FRANK, L. R.; RAND, T.; YEH, L.; WONG, E. C.; SKAF, A.; DANTAS, R. W.; HAGHIGHI, P.; TRUDELL, D.; RESNICK, D. Collateral ligaments of the ankle: high-resolution MR imaging with a local gradient coil and anatomic correlation in cadavers. **Radiographics**, Easton, v. 19, n. 3, p. 673-683, mai. 1999. DOI: 10.1148/radiographics.19.3.g99ma06673.

MURALIDHAR, G. S.; BOVIK, A. C.; SAMPAT, M. P.; WHITMAN, G. J.; HAYGOOD, T. M.; STEPHENS, T. W.; MARKEY, M. K. Computer-aided diagnosis in breast magnetic resonance imaging. **Mont Sinai Journal of Medicine**, New York, v. 78, n. 2, p. 280-290, mar. 2011. DOI: 10.1002/msj.20248.

NA, H.; YAN, Z.; MIN, S.; ZHI-HONG, W.; JIN, J.; FEI, B.; WEI, M.; JIN, X.; BO, J.; DONG, L.; ZHENG-YU, J. T2 mapping of articular cartilage in knee osteoarthritis using a magnetic resonance staging. **Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao**, Beijing, v. 33, n. 2, p. 169-174, abr. 2011. DOI: 10.3881/j.issn.1000-503X.2011.02.014.

NERY, C.; RADUAN, F.; DEL BUONO, A.; ASAUMI, I. D.; COHEN, M.; MAFFULLI, N. Arthroscopic-assisted Broström-Gould for chronic ankle instability: a long-term follow-up. **American Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v. 39, n. 11, p. 2381-2388, nov. 2011. DOI: 10.1177/0363546511416069.

NGUYEN, T. T.; NGUYEN, T. H.; NGO, B. V. A GLCM algorithm for optimal features of mammographic images for detection of breast cancer. **2021 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)**, Ho Chi Minh City, Vietnam, p. 295-299, 2021. DOI: 10.1109/ICSSE52999.2021.9538426.

NISHIOKA, H.; HIROSE, J.; NAKAMURA, E.; OKAMOTO, N.; KARASUGI, T.; TANIWAKI, T.; OKADA, T.; YAMASHITA, Y.; MIZUTA, H. Detecting ICRS grade 1

cartilage lesions in anterior cruciate ligament injury. **European Journal of Radiology**, Stuttgart, v. 82, n. 9, p. 1499-14505, set. 2013. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.04.038.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Basic biomechanics of the musculoskeletal system**. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

ODUSAMI, M.; MASKELINAS, R.; DAMAŠEVIČIUS, I. recognition of alzheimer's disease using neuroimaging. **Sensors**, Basel, v. 22, n. 3, p. 740, jan. 2022. DOI: 10.3390/s22030740.

PARK, H. J.; CHA, S. D.; KIM, S. S.; RHO, M. H.; KWAG, H. J.; PARK, N. H.; LEE, S. Y. Accuracy of MRI findings in chronic lateral ankle ligament injury: comparison with surgical findings. **Clinical Radiology**, Edinburgh, v. 67, n. 4, p. 313-318, abr. 2012. DOI: 10.1016/j.crad.2011.08.025.

PATHAK, B.; BHUYAN, A.; BAROOAH, D. **Gray-Level co-occurrence matrix implementation based on edge detection information for surface texture analysis**. 2014.

PNRAJ, D.; JENIFER, M.; POONGODI, P.; MANOHARAN, J. A Survey on the preprocessing techniques of mammogram for the detection of breast cancer. **Journal of emerging trends in computing and information sciences**, Brighton, v. 2, n. 12, p. 656-664, 2011.

REIJMAN, M.; EGGERDING, V.; VAN ES, E.; VAN ARKEL, E.; VAN DEN BRAND, I.; VAN LINGE, J.; ZIJL, J.; WAARSING, E.; BIERMA-ZEINSTRAS, S.; MEUFFELS, D. Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial. **BMJ**, London, v. 372, n. 375, mar. 2021. DOI: 10.1136/bmj.n375.

EZANINOVÁ, J.; HRAZDIRA, L.; MOKRÁLOVÁ, A. Advanced conservative treatment of complete acute rupture of the lateral ankle ligaments: verifying by stabilometry. **Foot Ankle Surgery**, Paris, v. 24, n.1, p. 65-70, fev. 2018. DOI: 10.1016/j.fas.2016.12.001.

ROSENBERG, Z. S.; BELTRAN, J.; BENCARDINO, J. T. From the RSNA Refresher Courses. Radiological Society of North America. MR imaging of the ankle and foot. **Radiographics**, Easton, v. 20, Spec No, p. S153-S179, out. 2000. DOI: 10.1148/radiographics.20.suppl_1.g00oc26s153.

SAENGSIIN, J.; BHIMANI, R.; SATO, G.; C. HAGEMEIJER, N.; MIROCHNIK, K.; LUBBERTS, B.; R. WARYASZ, G.; W. DIGIOVANNI, C.; GUSS, D. Use of portable ultrasonography for the diagnosis of lateral ankle instability. **Journal Orthopaedic Research**, New York, v. 40, n. 10, p. 2421-2429, out. 2022. DOI: 10.1002/jor.25256.

SAMSUDIN, S. S.; AROF, H.; HARUN, S. W.; ABDUL WAHAB, A. W.; IDRIS, M. Y. I. Skin lesion classification using multi-resolution empirical mode decomposition and local binary pattern. **PLoS One**, San Francisco, v. 17, n. 9, p. e0274896, set. 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0274896.

SARI, B. P.; JUSMAN, Y. Classification system for cervical cell images based on Hu Moment Invariants Methods and Support Vector Machine. **2021 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)**, Hubli, India, p. 1-5, 2021. DOI: 10.1109/CONIT51480.2021.9498353.

SHIM, D. W.; SUH, J. W.; PARK, K. H.; LEE, J. W.; BYUN, J.; HAN, S. H. Diagnosis and operation results for chronic lateral ankle instability with subtle cavovarus deformity and a peek-a-boo heel sign. **Yonsei Medical Journal**, Seoul, v. 61, n. 7, p. 635-639, jul. 2020. DOI: 10.3349/ymj.2020.61.7.635.

SINDHU, S.; PATIL, S. P.; SREEVALSAN, A.; RAHMAN, F.; SARITHA, A. N. Phishing detection using Random Forest, SVM and Neural Network with Backpropagation. **2020 International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics (ICSTCEE)**, p. 391-394, 2020.

TAN, D. W.; THE, D. J. W.; CHEE, Y. H. Accuracy of magnetic resonance imaging in diagnosing lateral ankle ligament injuries: A comparative study with surgical findings and timings of scans. **Asia Pacific Journal of Sports Medicine and Arthroscopic Rehabilitation Technology**, Singapore, v. 20, n. 7, p. 15-20, nov. 2016. DOI: 10.1016/j.asmart.2016.09.003.

TERAMOTO, A.; AKATSUKA, Y.; TAKASHIMA, H.; SHOJI, H.; SAKAKIBARA, Y.; WATANABE, K.; YAMASHITA, T. 3D MRI evaluation of morphological characteristics of lateral ankle ligaments in injured patients and uninjured controls. **Journal of Orthopaedic Science**, Tokyo, v. 25, n. 1, p. 183-187, jan. 2020. DOI: 10.1016/j.jos.2019.02.018.

TOURNÉ, Y.; MOLINIER, F.; ANDRIEU, M.; PORTA, J.; BARBIER, G. Diagnosis and treatment of tibiofibular syndesmosis lesions. **Orthopaedics & traumatology: surgery & research.**, Issy les Moulineaux, v. 105, n. 8S, p. S275-S286, dez. 2019. DOI: 10.1016/j.otsr.2019.09.014.

TRAN, A.; LASSALLE, L.; ZILLE, P.; GUILLIN, R.; PLUOT, E.; ADAM, C.; CHARACHON, M.; BRAT, H.; WALLAERT, M.; D'ASSIGNIES, G.; RIZK, B. Deep learning to detect anterior cruciate ligament tear on knee MRI: multi-continental external validation. **European Radiology**, Berlin, v. 32, n. 12, p. 8394-8403, dez. 2022. DOI: 10.1007/s00330-022-08923-z.

VAN DEN BEKEROM, M. P.; MUTSAERTS, E. L.; VAN DIJK, C. N. Evaluation of the integrity of the deltoid ligament in supination external rotation ankle fractures: a systematic review of the literature. **Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery**, Berlin, v. 129, n. 2, p. 227-235, fev. 2009. DOI: 10.1007/s00402-008-0768-6.

VEGA, J.; GOLANÓ, P.; PELLEGRINO, A.; RABAT, E.; PEÑA, F. All-inside arthroscopic lateral collateral ligament repair for ankle instability with a knotless suture anchor technique. **Foot and ankle international**, Baltimore, v. 34, n. 12, p. 1701-1709, dez. 2013. DOI: 10.1177/1071100713502322.

VEGA, J.; MALAGELADA, F.; DALMAU-PASTOR, M. Ankle microinstability: arthroscopic findings reveal four types of lesion to the anterior talofibular ligament's superior

fascicle. **Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy**, Heidelberg, v. 29, n. 4, p. 1294-1303, abr. 2021. DOI: 10.1007/s00167-020-06089-z.

WAJID, S. K.; HUSSAIN, A. Local energy-based shape histogram feature extraction technique for breast cancer diagnose. **Expert Systems with Applications**, Louisiana, v. 42, n. 20, p. 6990-6999, 2015. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.04.057.

WANG, A.; PEDOIA, V.; SU, F.; ABRAMSON, E.; KRETZSCHMAR, M.; NARDO, L.; LINK, T. M.; MCCULLOCH, C. E.; JIN, C.; MA, after acute anterior cruciate ligament injuries. **Osteoarthritis Cartilage**, London, v. 24, n. 4, p. 631-639, abr. 2016. DOI: 10.1016/j.joca.2015.11.012.

WANG, P.; ZHANG, Y.; JIANG, W. Application of K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm for Human Action Recognition. **Proceedings of the 2021 IEEE 4th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)**, Chongqing, China. 18-20 June 2021, p. 492-496.

XIANG, Y.; LI, L.; ZHOU, W. Random Forest Classifier for Hardware Trojan Detection; **Proceedings of the 2019 12th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)**, Hangzhou, p. 134-137, dez. 2019.

XU, H. X.; LEE, K. B. Modified Broström procedure for chronic lateral ankle instability in patients with generalized joint laxity. **American Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v. 44, n. 12, p. 3152-3157, dez. 2016. DOI: 10.1177/0363546516657816.

YANG, Y.; HAN, J.; WU, H.; ZHI, X.; LIAN, J.; XU, F.; CAI, X.; WEI, S. Arthro-Broström with endoscopic retinaculum augmentation using all-inside lasso-loop stitch techniques. **BMC Musculoskeletal Disorders**, London, v. 23, n. 1, p. 795, ago. 2022. DOI: 10.1186/s12891-022-05709-8.

ZHANG, L.; LI, M.; ZHOU, Y.; LU, G.; ZHOU, Q. Deep Learning Approach for Anterior Cruciate Ligament Lesion Detection: Evaluation of Diagnostic Performance Using Arthroscopy as the Reference Standard. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1745-1752. DOI: 10.1002/jmri.27266.

ZHAO, H.; LI, H.; LIANG, S.; WANG, X.; YANG, F. T2 mapping for knee cartilage degeneration in young patients with mild symptoms. **BMC Medical Imaging**, London, v. 22, n. 1, p. 72, abr. 2022. DOI: 10.1186/s12880-022-00799-1.

ZHOU, Y.; QIN, J.; BIN, G.; CHEN, H.; FENG, S.; WANG, T.; HUANG, B. [Computer-aided diagnosis in dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging of malignant tumor: a technical review of current research]. **Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi**, Chengdu, v. 33, n. 4, p. 794-800, ago. 2016.

APÊNDICE

APÊNDICE A - DISTRIBUIÇÃO DOS PACIENTES POR SEXO E IDADE, ESCORE DE CAIT, DIAGNÓSTICO DO ESTADO DO LFTA NA RM DADO PELO OBSERVADOR 1 E PELO OBSERVADOR 2, DIAGNÓSTICO INICIAL DE CADA PACIENTE.

PACIENTE	IDADE	SEXO	CAIT	OBS 1	OBS 1	DIAGNÓSTICO
1	37	M	9	ausente	ausente	ICT
2	41	F	8	ausente	anormal	ICT
3	58	F	7	ausente	anormal	ICT
4	47	F	11	ausente	ausente	ICT
5	49	F	10	ausente	ausente	ICT
6	34	F	13	ausente	ausente	ICT
7	50	F	11	anormal	ausente	ICT
8	31	F	12	anormal	ausente	ICT
9	51	F	11	ausente	ausente	ICT
10	30	F	18	anormal	ausente	ICT
11	48	F	14	ausente	ausente	ICT
12	50	F	21	ausente	ausente	ICT
13	38	F	21	ausente	anormal	ICT
14	37	M	9	ausente	ausente	ICT
15	30	M	15	ausente	ausente	ICT
16	44	M	13	ausente	ausente	ICT
17	34	F	18	anormal	ausente	ICT
18	58	F	19	ausente	ausente	ICT
19	47	F	21	ausente	ausente	ICT
20	49	F	24	ausente	ausente	ICT
21	30	F	23	ausente	ausente	ICT
22	50	F	9	ausente	anormal	ICT
23	31	F	12	ausente	anormal	ICT
24	51	F	14	ausente	ausente	ICT
25	30	F	23	ausente	ausente	ICT
26	48	F	23	ausente	ausente	ICT
27	50	F	18	ausente	anormal	ICT
28	37	M	16	ausente	ausente	ICT
29	30	M	18	ausente	ausente	ICT
30	44	M	22	ausente	ausente	ICT
31	38	F	23	ausente	ausente	ICT
32	48	F	13	anormal	anormal	ICT
33	31	F	21	anormal	anormal	ICT
34	46	F	20	anormal	anormal	ICT
35	72	F	9	anormal	normal	ICT

36	54	F	22	anormal	anormal	ICT
37	67	F	21	anormal	anormal	ICT
38	54	F	18	anormal	anormal	ICT
39	25	F	14	anormal	anormal	ICT
40	57	F	15	anormal	anormal	ICT
41	32	F	19	anormal	anormal	ICT
42	56	F	21	anormal	normal	ICT
43	55	F	9	anormal	anormal	ICT
44	62	F	23	anormal	normal	ICT
45	54	F	23	anormal	anormal	ICT
46	23	F		ausente	ausente	haglund
47	23	M		ausente	anormal	pe plano
48	78	M		ausente	ausente	lesao osteocondral
49	21	M		ausente	anormal	haglund
50	25	F		anormal	ausente	halux valgo
51	34	F		ausente	ausente	haglund
52	23	F		ausente	ausente	pe plano
53	67	M		ausente	anormal	haglund
54	23	F		ausente	ausente	pe plano
55	21	M		ausente	anormal	pe cavo
56	25	F		anormal	ausente	Fasceíte plantar
57	34	F		ausente	ausente	joanete
58	23	F		ausente	ausente	halux valgo
59	67	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
60	78	F		ausente	ausente	tendinte dos fibulares
61	23	M		ausente	anormal	lesao dos fibulares
62	25	F		anormal	ausente	Fasceíte plantar
63	34	M		ausente	ausente	Fasceíte plantar
64	23	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
65	67	F		ausente	anormal	bunionete
66	23	M		ausente	ausente	pe cavo
67	21	F		ausente	anormal	Fasceíte plantar
68	25	F		anormal	ausente	joanete
69	34	M		ausente	ausente	pe plano
70	23	M		ausente	ausente	Fasceíte plantar
71	67	F		ausente	anormal	Fasceíte plantar

72	41	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
73	21	F		ausente	anormal	halux valgo
74	25	M		anormal	ausente	Fasceíte plantar
75	34	M		ausente	ausente	joanete
76	23	F		ausente	ausente	joanete
77	43	F		ausente	anormal	Fasceíte plantar
78	78	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
79	21	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
80	25	M		anormal	ausente	haglund
81	34	M		ausente	ausente	Fasceíte plantar
82	23	F		ausente	ausente	lesao dos fibulares
83	67	F		ausente	anormal	Fasceíte plantar
84	56	F		ausente	ausente	pe plano
85	21	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
86	25	M		anormal	ausente	pe plano
87	34	M		ausente	ausente	halux valgo
88	23	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
89	43	M		ausente	anormal	pe plano
90	78	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
91	57	M		ausente	anormal	pe plano
92	25	M		anormal	ausente	pe plano
93	34	M		ausente	ausente	Fasceíte plantar
94	23	F		ausente	ausente	pe plano
95	45	F		ausente	anormal	lesao osteocondral
96	78	F		ausente	ausente	haglund
97	21	M		ausente	anormal	halux valgo
98	25	M		anormal	ausente	haglund
99	34	F		ausente	ausente	pe plano
100	23	F		ausente	ausente	haglund
101	67	F		ausente	anormal	pe plano
102	78	M		ausente	ausente	pe cavo
103	21	F		ausente	anormal	Fasceíte plantar
104	65	M		anormal	ausente	joanete
105	34	M		ausente	ausente	halux valgo
106	65	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar

107	67	M		ausente	anormal	tendinite dos fibulares
108	78	F		ausente	ausente	lesao dos fibulares
109	21	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
110	25	F		anormal	ausente	halux valgo
111	34	M		ausente	ausente	Fasceíte plantar
112	56	F		ausente	ausente	bunionete
113	67	F		ausente	anormal	pe cavo
114	78	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
115	21	F		ausente	anormal	joanete
116	25	M		anormal	ausente	pe plano
117	34	M		ausente	ausente	metatarsalgia
118	23	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
119	56	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
120	78	F		ausente	ausente	halux valgo
121	21	F		ausente	anormal	Fasceíte plantar
122	25	F		anormal	ausente	joanete
123	65	M		ausente	ausente	joanete
124	34	M		ausente	ausente	metatarsalgia
125	67	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
126	23	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
127	21	M		ausente	anormal	metatarsalgia
128	34	F		anormal	ausente	Fasceíte plantar
129	34	M		ausente	ausente	lesao dos fibulares
130	23	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
131	67	M		ausente	anormal	pe plano
132	78	F		ausente	ausente	Fasceíte plantar
133	68	M		ausente	anormal	pe plano
134	56	F		anormal	ausente	halux valgo
135	45	M		ausente	ausente	Fasceíte plantar
136	23	F		ausente	ausente	pe plano
137	67	M		ausente	anormal	Fasceíte plantar
138	78	F		ausente	ausente	pe plano
139	65	M		ausente	anormal	pe plano
140	25	F		anormal	ausente	Fasceíte plantar

141	56	M		ausente	ausente	pe plano
142	54	M		ausente	ausente	pe plano
143	67	F		ausente	anormal	tendinte dos fibulares
144	34	F		ausente	ausente	tendinose
145	21	M		ausente	anormal	haglund
146	25	F		anormal	ausente	pe plano
147	34	M		ausente	ausente	pe plano
148	49	F		normal	anormal	haglund
149	28	F		normal	normal	Fasceíte plantar
150	37	F		normal	normal	joanete
151	61	F		normal	normal	metatarsalgia
152	33	F		normal	normal	tibial posterior
153	63	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
154	56	F		normal	anormal	Fasceíte plantar
155	28	M		normal	normal	haglund
156	78	M		normal	anormal	pe plano
157	41	M		anormal	normal	sequela de fratura
158	39	M		normal	normal	tendinose aquiles
159	39	M		normal	anormal	pe cavo
160	50	M		normal	anormal	pe plano
161	49	M		normal	normal	mau perfurante plantar
162	44	M		normal	normal	pe plano
163	35	M		anormal	normal	pe plano
164	57	M		normal	normal	garra
165	21	M		normal	anormal	mau perfurante plantar
166	37	M		normal	normal	tendinose aquiles
167	24	M		normal	anormal	lesao dos fibulares
168	19	M		normal	anormal	lesao osteocondral
169	35	M		anormal	anormal	haglund
170	49	M		normal	anormal	Fasceíte plantar
171	27	M		anormal	anormal	pe cavo
172	53	M		normal	normal	Fasceíte plantar
173	32	M		normal	anormal	impacto
174	28	M		normal	normal	pe cavo
175	18	M		anormal	normal	pe plano

176	57	F		anormal	normal	Fasceíte plantar
177	19	M		normal	normal	pe plano
178	63	M		normal	normal	mau perfurante plantar
179	39	M		normal	normal	fasceíte plantar
180	65	M		normal	normal	Fasceíte plantar
181	65	M		normal	anormal	halux valgo
182	22	M		normal	anormal	pe plano
183	81	M		normal	anormal	pe cavo
184	21	M		normal	normal	haglund
185	41	M		normal	normal	fasceite
186	57	M		normal	normal	pe cavo
187	12	F		anormal	anormal	pe plano
188	59	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
189	24	F		anormal	anormal	pe plano
190	59	F		anormal	anormal	halux valgo
191	45	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
192	58	F		anormal	anormal	joanete
193	68	F		anormal	anormal	joanete
194	65	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
195	35	F		anormal	anormal	pe plano
196	63	F		anormal	anormal	impacto
197	33	F		anormal	anormal	impacto
198	77	F		anormal	anormal	pe plano
199	18	F		anormal	anormal	pe plano
200	30	F		anormal	anormal	lesao dos fibulares
201	54	F		anormal	anormal	joanete
202	33	F		anormal	anormal	JOANETE
203	72	F		anormal	anormal	GARRA
204	63	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
205	65	F		anormal	anormal	joanete
206	46	F		anormal	anormal	lesao osteocondral
207	74	F		anormal	normal	joanete
208	32	F		anormal	anormal	joanete
209	37	F		anormal	anormal	lesao osteocondral
210	49	F		anormal	anormal	pe plano
211	78	F		anormal	anormal	pe cavo
212	28	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
213	37	F		anormal	anormal	joanete

214	61	F		anormal	normal	metatarsalgia
215	33	F		anormal	anormal	xxxx
216	63	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
217	28	F		anormal	anormal	joanete
218	56	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
219	59	F		anormal	anormal	fasceíte plantar
220	28	M		normal	anormal	haglund
221	78	M		anormal	anormal	fasceite
222	39	M		anormal	anormal	Fasceíte plantar
223	40	M		normal	normal	impacto
224	25	M		normal	normal	pe plano
225	39	M		anormal	normal	tendinose aquiles
226	39	M		anormal	anormal	pe cavo
227	50	M		anormal	anormal	pe plano
228	49	M		anormal	anormal	mau perforante plantar
229	56	M		normal	anormal	artrose do retrope
230	44	M		anormal	anormal	fratura
231	32	M		normal	anormal	pe cavo
232	35	M		anormal	anormal	pe plano
233	37	M		anormal	anormal	pe plano
234	57	M		anormal	anormal	garra
235	21	M		anormal	anormal	haglund
236	37	M		anormal	anormal	tendinose aquiles
237	24	M		anormal	anormal	pe plano
238	8	M		anormal	anormal	fibulares
239	35	M		anormal	anormal	haglund
240	32	M		anormal	anormal	haglund
241	40	M		anormal	anormal	Fasceíte plantar
242	49	M		anormal	anormal	Fasceíte plantar
243	27	M		anormal	anormal	lesao osteocondral
244	53	M		anormal	anormal	Fasceíte plantar
245	32	M		anormal	anormal	impacto
246	28	M		anormal	anormal	haglund
247	28	M		anormal	anormal	haglund
248	8	M		anormal	anormal	pe plano
249	57	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar

250	19	M		anormal	anormal	pe plano
251	63	M		anormal	anormal	pe plano
252	39	M		anormal	anormal	fasceíte plantar
253	65	M		anormal	anormal	Fasceíte plantar
254	65	M		anormal	anormal	halux valgo
255	22	M		Danormal	anormal	pe plano
256	54	M		normal	anormal	fibulares
257	81	M		anormal	anormal	tendinoase aquiles
258	21	M		anormal	normal	tiibal posterior
259	41	M		anormal	normal	fasceite
260	57	M		anormal	normal	pe cavo
261	38	M		anormal	anormal	fasceite
262	48	M		anormal	anormal	pe cavo
263	65	M		anormal	anormal	fasceite
264	42	M		anormal	anormal	pe cavo
265	35	M		anormal	anormal	sinovite
266	57	M		anormal	anormal	pe cavo
267	46	M		normal	normal	halux valgo
268	38	F		normal	normal	pe cavo
269	44	M		anormal	anormal	fasceite
270	69	M		normal	normal	
271	31	F		anormal	anormal	haglund
272	18	F		anormal	anormal	halux valgo
273	49	F		anormal	anormal	metatarsalgia
274	38	F		anormal	anormal	haglund
275	14	F		anormal	anormal	pe cavo
276	74	F		anormal	anormal	joanete
277	60	F		anormal	anormal	halux valgo
278	51	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
279	29	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
280	35	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
281	54	F		anormal	anormal	bunionete
282	25	F		anormal	anormal	pe cavo
283	59	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
284	47	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
285	52	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
286	37	F		anormal	anormal	halux valgo
287	63	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar

288	43	F		anormal	normal	joanete
289	48	F		anormal	anormal	metatarsalgia
290	31	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
291	46	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
292	72	F		normal	normal	metatarsalgia
293	54	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
294	67	F		anormal	anormal	lesao dos fibulares
295	54	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
296	25	F		anormal	anormal	pe plano
297	57	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
298	32	F		anormal	anormal	pe plano
299	56	F		anormal	normal	halux valgo
300	55	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
301	62	F		anormal	normal	pe plano
302	54	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
303	54	F		anormal	anormal	pe plano
304	41	F		anormal	anormal	pe plano
305	24	F		anormal	anormal	pe plano
306	59	F		anormal	anormal	halux valgo
307	45	F		anormal	normal	Fasceíte plantar
308	58	F		anormal	anormal	joanete
309	65	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
310	35	F		anormal	anormal	pe plano
311	63	F		anormal	anormal	pe plano
312	33	F		anormal	anormal	haglund
313	77	F		anormal	anormal	pe plano
314	30	F		anormal	anormal	tibial posterior
315	33	F		anormal	anormal	tibial posterior
316	72	F		anormal	anormal	tendinose aquiles
317	63	F		anormal	anormal	Fasceíte plantar
318	65	F		anormal	anormal	joanete
319	74	F		anormal	normal	joanete
320	32	F		anormal	anormal	joanete
321	37	F		anormal	anormal	pe plano

ANEXOS

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO LIGAMENTO FÍBULOTALAR ANTERIOR e INVESTIGAÇÃO DA INSTABILIDADE MECÂNICA DO TORNOZELO E DA MORFOLOGIA DO LIGAMENTO FÍBULO TALAR ANTERIOR.

Pesquisador: RODRIGO SCHROLL ASTOLFI

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 54356421.5.0000.5043

Instituição Proponente: HOSPITAL SAO CARLOS LTDA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.190.407

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1875088.pdf, de 11/12/2021).

Resumo:

A entorse do tornozelo é a lesão traumática ortopédica mais comum nos pronto atendimentos, estima-se que 60% dos pacientes evoluam para instabilidade crônica do tornozelo. A instabilidade do tornozelo gera dificuldade para atividade esportiva, lesões osteocondrais e potencialmente artrose do tornozelo. A ressonância magnética é o exame padrão ouro para a identificação do ligamento fibulotalar anterior e, no entanto, há pouca correção comprovada na literatura entre as alterações morfológicas do ligamento e sua correspondente debilidade funcional. Este estudo pretende investigar a prevalência de alterações morfológicas do ligamento na população e investigar via ressonância magnética do tornozelo sob estresse da articulação sua funcionalidade.

Hipótese:

Não haverá correção positiva entre alteração morfológica do ligamento, translação anterior do tornozelo na manobra de estresse e baixos escores FAOS de qualidade de vida.

Endereço: Avenida Pontes Vieira, 2531, 5º andar e Área de Administração, Sala CEP
Bairro: Dionísio Torres **CEP:** 60.135-237
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)4009-1278 **Fax:** (85)4009-1278 **E-mail:** cep@hospitalsaocarlos.com.br



HOSPITAL SÃO CARLOS/CE



Continuação do Parecer: 5.190.407

Metodologia:

A partir de agosto de 2021, serão analisadas imagens de Ressonância Magnética (RM) do tornozelo de 70 pessoas voluntárias no Hospital São Carlos. De cada paciente, serão observados e classificados os Ligamentos Fibulo Talar Anterior (LFTA) direito ou/e esquerdo por meio dessas imagens em corte transversal na ponderação T2. O ligamento será analisado por dois ortopedistas especializados em cirurgia do pé e tornozelo e uma acadêmica de medicina para classificação em: reto (Figura A) ou ondulado/tortuoso (Figura B); heterogêneo (Figura B) ou homogêneo (Figura A); ou ausente (Figura C). Os exames serão avaliados entre os três observadores para que seja calculada a concordância interobservador. A classificação em que concordem os 3 pesquisadores com a análise das imagens será considerada padrão-ouro. Concomitante a isso, pacientes que possuem queixa de instabilidade mecânica serão submetidos ao teste da gaveta anterior do tornozelo, utilizando-se o suporte (Figura

1) aplicado durante a realização da RM de tornozelo. O teste da gaveta anterior é utilizado para averiguar a integridade do LFTA. O teste positivo indica ruptura do ligamento e ocorre quando o examinador consegue observar deslocamento significativo anterior da tibia. Além disso, durante a consulta, será aplicado o questionário Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) para avaliação das manifestações clínicas e consequentes prejuízos ocasionados pela instabilidade mecânica do tornozelo (Anexo A). O FAOS será utilizado visando menor subjetividade nessa classificação.

Critério de Inclusão:

Serão incluídos no estudo todos os pacientes atendidos no ambulatório de Traumatologia e Ortopedia que aceitarem participar do estudo e que assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, ANEXO B), independente do sexo.

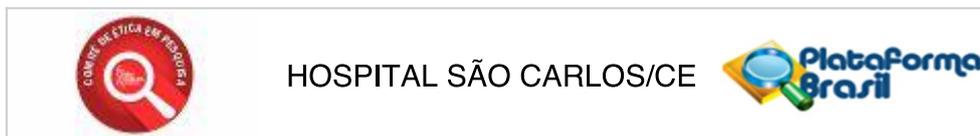
Critério de Exclusão:

Serão excluídos do estudo pacientes que não responderem a totalidade do questionário e/ou não assinarem o TCLE e menores de 18 anos. Além de pacientes que desistirem da realização da Ressonância Magnética sob estresse durante o procedimento.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Endereço: Avenida Pontes Vieira, 2531, 5º andar, Área de Administração, Sala CEP
Bairro: Dionísio Torres CEP: 60.135-237
UF: CE Município: FORTALEZA
Telefone: (85)4009-1278 Fax: (85)4009-1278 E-mail: cep@hospitalsaocarlos.com.br



Continuação do Parecer: 5.190.407

Haverá correção positiva entre a existência de alguma alteração morfológica do ligamento e a translação anterior do tornozelo na manobra de estresse e baixos escores FAOS de qualidade de vida.

Objetivo Secundário:

Apenas alguns tipos de alterações morfológicas (como ligamento ausente) terão correlação com a frouxidão ligamentar enquanto outras (como ligamento tortuoso) não terão correlação com a frouxidão do ligamento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os possíveis riscos para o voluntário da pesquisa estão alocados no âmbito moral ao, por exemplo, terem o sentimento de invasão de privacidade e tomada de tempo do participante a ser investida na resposta do FAOS. No âmbito físico, podem surgir desconfortos durante a realização do exame de Ressonância Magnética sob estresse do tornozelo, além de dores durante o exame, porém de característica leve por serem pacientes com lesões crônicas. Apesar disso, o voluntário permanecerá durante toda a realização do exame de RM sob estresse com um dispositivo que poderá ser acionado e o paciente será submetido a realização do exame de RM sem estresse, sem prejuízo ao paciente. Na tentativa de minimizar tais possíveis danos, serão tomadas as seguintes providências: garantia da confidencialidade dos dados pessoais; as imagens de RM serão somente utilizadas para fins de estudo e apresentação e publicação de artigos; serão utilizadas técnicas já abordadas na literatura¹⁴ e as perguntas serão elaboradas sucintamente, com maioria de opções objetivas, visando minimizar o tempo de resposta do questionário.

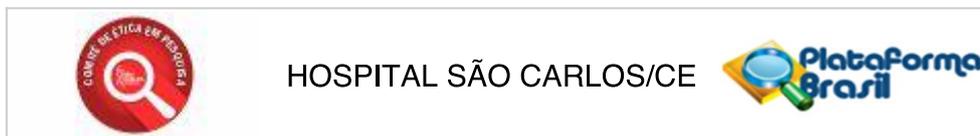
Benefícios:

Os prováveis benefícios são o diagnóstico e tratamento mais adequado de lesões envolvendo o tornozelo e da instabilidade mecânica do paciente, por meio da análise das imagens de RM sob estresse e das queixas do voluntário. Os pacientes não terão despesas pessoais a mais para participar do estudo e nem terão retorno financeiro.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Estudo observacional analítico com pacientes atendidos no ambulatório de traumatologia e ortopedia do Hospital São Carlos. Serão analisadas imagens de Ressonância Magnética (RM) do tornozelo de 70 pessoas voluntárias no Hospital São Carlos. De cada paciente, serão observados e classificados os Ligamentos Fibulo Talar Anterior (LFTA) direito ou/e esquerdo por meio dessas

Endereço: Avenida Pontes Vieira, 2531, 5º andar, Área de Administração, Sala CEP
Bairro: Dionísio Torres **CEP:** 60.135-237
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)4009-1278 **Fax:** (85)4009-1278 **E-mail:** cep@hospitalsaocarlos.com.br



Continuação do Parecer: 5.190.407

imagens em corte transversal na ponderação T2.

Número de participantes: 70 amostras

Estudo multicêntrico: Não

Países Participantes: Brasil

Centros de pesquisa no Brasil: Hospital São Carlos

Patrocinador: Todo orçamento financeiro será de custo próprio do pesquisador, não havendo despesas para o local de pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

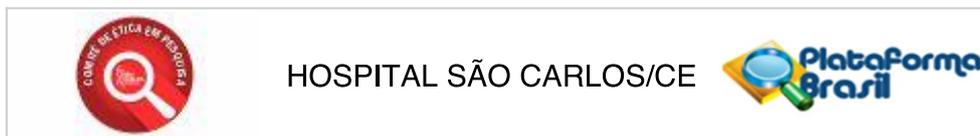
Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital São Carlos, de acordo com a Resolução CNS nº 466 de 2012 e Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Após análise do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital São Carlos, não foram observados óbices éticos.

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios de pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciadas pelo CEP, conforme Resolução CNS nº 466/12, item XI.2.d e Resolução CNS nº 510/16, art. 28, item V.

Endereço: Avenida Pontes Vieira, 2531, 5º andar - Área de Administração, Sala CEP
Bairro: Dionísio Torres **CEP:** 60.135-237
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)4009-1278 **Fax:** (85)4009-1278 **E-mail:** cep@hospitalsaocarlos.com.br



Continuação do Parecer: 5.190.407

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1875088.pdf	11/12/2021 12:52:08		Aceito
Outros	autorizacaoiefdepositario.jpeg	11/12/2021 12:51:33	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito
Outros	termodeciencia.jpeg	11/12/2021 12:51:05	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito
Declaração de concordância	declaracaoconcordancia.pdf	11/12/2021 12:50:38	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito
Outros	cartadeanuencia.pdf	11/12/2021 12:50:30	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetofinal.docx	11/12/2021 12:48:52	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclegaveta.docx	11/12/2021 12:46:41	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostogaveta.pdf	11/12/2021 12:46:25	RODRIGO SCHROLL ASTOLFI	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 30 de Dezembro de 2021

Assinado por:
Rogean Rodrigues Nunes
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Pontes Vieira, 2531, 5º andar - Área de Administração, Sala CEP
Bairro: Dionísio Torres **CEP:** 60.135-237
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)4009-1278 **Fax:** (85)4009-1278 **E-mail:** cep@hospitalsaocarlos.com.br

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado **ANÁLISE DO LIGAMENTO FÍBULO TALAR ANTERIOR – INVESTIGAÇÃO DA INSTABILIDADE MECÂNICA DO TORNOZELO E DA MORFOLOGIA DO LIGAMENTO FÍBULO TALAR ANTERIOR**, cujos objetivos são: determinar o aspecto morfológico do ligamento talofibular (reto ou ondulado; heterogêneo ou homogêneo; ou ausente) a partir das imagens de Ressonância Magnética sob estresse; aplicar o questionário Food And Ankle Outcome Score (FAOS) e avaliar as respostas dos voluntários; correlacionar os achados das imagens com as queixas dos pacientes e com as respostas do questionário FAOS; e correlacionar os achados das imagens com a transladação do tálus durante a manobra da gaveta anterior do tornozelo na ressonância.

A minha participação no referido estudo será no sentido de disponibilizar minhas imagens de Ressonância Magnética sob estresse dos tornozelos e responder o questionário.

Fui informado que, da pesquisa a se realizar, posso ter benefícios como saber o diagnóstico e tratamento de possíveis lesões envolvendo meu tornozelo e/ou minha instabilidade mecânica, por meio da análise das imagens de RM sob estresse e das minhas queixas.

Além disso, foram devidamente esclarecidos os possíveis desconfortos e riscos decorrentes desse estudo, como ter o sentimento de invasão de privacidade e tomada de tempo a ser investida na resposta do FAOS, podendo ser relevante no âmbito moral e, ademais, no âmbito físico, podem surgir desconfortos mínimos, devido à lesão ser crônica, durante a realização do exame de Ressonância Magnética sob estresse do tornozelo. Considerando-se, assim, que os resultados positivos ou negativos somente serão obtidos após a sua realização. Desse modo, compreendo que serei submetido a um exame de imagem e um breve questionário.

Tenho ciência de que meus dados pessoais serão mantidos em sigilo, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

Ademais, fui informado que posso me recusar a participar do estudo, inclusive durante a realização da Ressonância Magnética sob estresse, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo, sendo, assim, submetido a um exame de Ressonância Magnética sem estresse que não será utilizada no estudo, assim como o questionário.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Dr. Rodrigo Schroll Astolfi, Dr. José Alberto Dias Leite e Ingrid Sarmento Guedes, estando ciente de que posso contactá-los caso haja dúvidas acerca da pesquisa (85) 99182-9336.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital São Carlos, situado na Avenida Pontes Vieira, 2531 - Fortaleza/CE - CEP: 60135-237 Telefone: (85) 4009-3362, nos horários de funcionamento: segunda, quarta e sexta-feira das 08:00h às 16:00h.

Fortaleza, _____ de _____ de 2021.

Nome e assinatura do sujeito da pesquisa

Nome(s) e assinatura(s) do(s) pesquisador(es) responsável(responsáveis)

**ANEXO C – ARTIGO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA SENSORS
(SENSORS: Fator de impacto 2021: 3.847)**

