

Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

ANA PAULA PINTO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO INFLAMATÓRIO NO TENDÃO DO CALCÂNEO  
UTILIZANDO A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

São José dos Campos, SP  
2020

Ana Paula Pinto

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO INFLAMATÓRIO NO TENDÃO DO CALCÂNEO  
UTILIZANDO A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, como complementação dos créditos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

Orientador: Prof. Dr. Mário Oliveira Lima  
Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

São José dos Campos, SP  
2020

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA**

**Ficha catalográfica**

Pinto, Ana Paula

Avaliação do processo inflamatório no tendão do calcâneo utilizando a termografia infravermelha / Ana Paula Pinto; orientador, Prof. Dr. Mário Oliveira Lima; co-orientador Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins. - São José dos Campos, SP, 2020.

81 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

Inclui referências

1. Engenharia Biomédica. 2. Tendinopatia. 3. Tendão do Calcâneo. 4. Termografia. 5. Ultrassom. I. Lima, Prof. Dr. Mário Oliveira, orient. II. Martins, Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes, co-orient. III. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

Eu, Ana Paula Pinto, autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 25 de Março de 2020.

Ana Paula Pinto

Autor(a) da Obra

---

**ANA PAULA PINTO**

**“AVALIAÇÃO DO PROCESSO INFLAMATÓRIO NO TENDÃO DO CALCÂNEO  
UTILIZANDO A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA”.**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba - Univap, pela seguinte banca examinadora:

PROF.<sup>ª</sup> DR.<sup>ª</sup> FERNANDA PUPIO SILVA LIMA 

PROF. DR. MÁRIO OLIVEIRA LIMA 

PROF. DR. RODRIGO ALVARO BRANDÃO LOPES MARTINS 

PROF.<sup>ª</sup> DR.<sup>ª</sup> REGIANE ALBERTINI DE CARVALHO – Unifesp 

Prof. Dr. Leandro José Raniero

Diretor do IP&D – Univap

São José dos Campos, 19 de fevereiro de 2020.

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação às pessoas que iluminam a minha vida. Que mesmo sem saber exatamente o que é meu trabalho e os meus objetivos, sempre torceram pelas minhas conquistas e por mim. Sempre tentando me ajudar de alguma forma, seja por palavras ou ações. Amo vocês.

Aos meus pais, Maria Helena e José Ilton;

Às minhas irmãs, Cláudia, Poli, Deh e Fer;

E ao meu amado, Henrique.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tornar aquilo que muitas vezes parecia impossível se tornar possível, por me amparar em todos os momentos, principalmente nas minhas decisões.

À Nossa Senhora, minha mãezinha que sempre intercedeu por mim.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Mário Oliveira Lima e Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins, sou grata por me aceitarem como aluna, por todos os conselhos e ajuda durante o desenvolvimento do projeto. Obrigada pela confiança que depositaram em mim.

Sou grata às professoras, que mesmo não sendo minhas orientadoras oficiais, auxiliaram-me no desenvolvimento do projeto e durante a minha formação, agradecimentos sinceros à Profa. Dra. Fernanda Pupio Silva Lima, Profa. Dra. Patrícia Sardinha Leonardo Lopes Martins, Profa. Dra. Marcele Florêncio das Neves e Profa. Dra. Alessandra Almeida Fagundes.

Não imagino a minha rotina sem a convivência com os meus colegas de laboratório que me ajudaram e apoiaram durante o mestrado, acredito que muitos a amizade será de longa data. Agradeço a Aline, minha conselheira e companheira; a Gabi, minha amiga, obrigada pela energia positiva e pelo companheirismo; a Bruna Marques, que mesmo em laboratórios diferentes, continuamos com a nossa amizade e zelo uma pela outra; Carol, pela parceria nos projetos; Erick pela troca de conhecimento profissional e de vida e Fran, pelo carinho e conversas maravilhosas; aos calouros (rsrs): Aline Lanzilotti, Bruna, David, Douglas, Elaine, Nati e Sérgio, obrigada pela disposição em me ajudar e alegrar meu dia-a-dia.

Agradeço a disposição também dos alunos de IC, como estou realizada ao ver o progresso de vocês. Obrigada Ale e Marina pela ajuda prestada no projeto; Ary por aceitar o desafio do US e “botar a mão na massa” nos projetos; Élide, que menina organizada e cheia de qualidades, que graças a Deus apareceu no Lab e ainda acompanhada da Kássila; Kássila, obrigada por sua alegria natural e contagiante, nunca vou esquecer da mato-grossense flamenguista; Douglas, obrigada pelo comprometimento no projeto.

Obrigada a todos os voluntários pela disposição e comprometimento.

Aos estagiários de fisioterapia que me ajudaram quando necessário.

Ao corpo docente e funcionários da instituição, especial a Adriana, Andrea, Cássia, Edileusa, Isabel, Jôse, Karen e Socorro, pelo apoio prestado na clínica e laboratório, sempre bem solícitas.

À Universidade do Vale do Paraíba – Univap e ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D por proporcionar um excelente curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES – Código de financiamento 001, pelo apoio financeiro.

*“Palavras são na minha nada humilde opinião, nossa inesgotável fonte de magia,  
capazes de causar grandes sofrimentos e também de remediá-los”*

Albus Percival Wulfric Brian Dumbledore

## RESUMO

As lesões tendíneas tem aumentado significativamente nas últimas décadas pelo aumento da prática de atividade física, mas também acometem indivíduos sedentários e podem estar relacionadas às atividades laborais. Elas acarretam grande impacto socioeconômico, uma vez que geram gastos tanto em tratamento quanto a afastamento da rotina de trabalho, a atividades de lazer e de vida diária. O tendão calcâneo (TC) é o segundo tendão mais afetado e é o mais largo e forte tendão do corpo humano, com a maior capacidade de suportar carga, importante para o movimento funcional e rápido. Porém, mesmo com essa característica de tolerar estresse, o TC é vulnerável às lesões por esforço repetitivo. Tendinopatia é uma síndrome clínica relacionada ao tendão e tecidos ao redor, podendo ser caracterizada por inflamação, deformação, microrrupturas ou rupturas. O diagnóstico atual da tendinopatia do TC é baseado principalmente na história, exame clínico e exames de imagem, como o ultrassom e ressonância magnética. Entretanto, a termografia por infravermelho é um recurso promissor para diagnóstico de doenças inflamatórias pelos seus benefícios de agilidade no exame e processamento de dados, não emite radiação ionizante e pode ser empregado em praticamente qualquer voluntário. Por este motivo, o objetivo do trabalho foi identificar um processo inflamatório no tendão calcâneo por meio de testes e exames convencionais, e associar com a termografia infravermelha comparando indivíduos com e sem tendinopatia do calcâneo e assim demonstrar que esta técnica é válida para diagnóstico de doenças inflamatórias do tendão. Participaram do estudo 28 indivíduos: 15 no grupo controle (GC) e 13 no grupo tendinopatia (GT). Os participantes passaram por vários exames clínicos e funcionais (testes de sensibilidade à palpação, sinal do arco, dorsiflexão passiva com a articulação do joelho em flexão, *Test Hospital Royal London*, dor referida, algometria, Teste da Ponta dos Pés e Single Leg Hop Test) e de imagem convencional (ultrassom) para o diagnóstico de tendinopatia e pela avaliação da câmera termográfica por infravermelho. Os resultados demonstraram que sujeitos do GC praticamente não apresentaram alterações na região do TC, entretanto, os indivíduos do GT apresentaram várias alterações relacionadas a parte estrutural, clínica e funcional, confirmando o diagnóstico de tendinopatia. O padrão de temperatura na região do TC (diferença entre os membros) encontrado no GC é de  $0,38^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,02$ ), enquanto que no GT, essa diferença de temperatura foi em média de  $2,15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,5$ ), correspondendo aos demais resultados obtidos por meio de teste clínicos, funcionais e de imagem de ultrassom, os quais indicaram injúrias do TC. O presente trabalho é pioneiro na área de diagnóstico do tendinopatia TC por termografia infravermelha, os quais os resultados demonstraram a robustez da técnica de Termografia Infravermelha para a identificação rápida e eficiente de tendinopatia do TC, uma vez que o aumento da temperatura foi consistente com os sinais clínicos da inflamação (calor, dor, edema e perda de função).

**Palavras-chave:** Tendinopatia. Tendinite de Aquiles. Tendinite do Calcâneo. Termografia infravermelha. Ultrassom.

# EVALUATION OF INFLAMMATORY PROCESS IN CALCANEUS TENDON USING INFRARED THERMOGRAPHY

## ABSTRACT

Tendon injuries have increased significantly in recent decades due to the increase in the practice of physical activity, but they also affect sedentary individuals and may be related to work activities. They have a great socioeconomic impact, since they generate expenses both for treatment and the removal of work routine, leisure activities and daily life. The calcaneus tendon (CT) is the second most affected tendon and is the largest and strongest tendon in the human body, with the greatest load-bearing capacity, important for functional and rapid movement. However, even with this characteristic of tolerating stress, CT is vulnerable to repetitive strain injuries. Tendinopathy is a clinical syndrome related to the tendon and surrounding tissues, which can be characterized by inflammation, deformation, microruptures or ruptures. The current diagnosis of CT tendinopathy is based mainly on history, clinical examination and imaging tests, such as ultrasound and magnetic resonance imaging. However, infrared thermography is a promising resource for the diagnosis of inflammatory diseases due to its benefits of agility in examining and processing data, it does not emit ionizing radiation and can be used in almost any volunteer. For this reason, the objective of the work was to identify an inflammatory process in the calcaneus tendon by means of conventional tests and exams, and to associate it with infrared thermography comparing individuals with and without calcaneus tendinopathy and thus demonstrating that this technique is valid for diagnosing diseases inflammatory tendons. 28 individuals participated in the study: 15 in the control group (CG) and 13 in the tendinopathy group (TG). Participants underwent several clinical and functional examinations (tests of sensitivity to palpation, arch signal, passive dorsiflexion with the knee joint in flexion, Test Hospital Royal London, referred pain, algometry, Tiptoe Test and Single Leg Hop Test) and conventional imaging (ultrasound) for the diagnosis of tendinopathy and for the evaluation of the infrared thermographic camera. The results showed that subjects in the CG had practically no changes in the CT region, however, the individuals in the TG presented several changes related to the structural, clinical and functional part, confirming the diagnosis of tendinopathy. The temperature pattern in the CT region (difference between the limbs) found in the CG is  $0.38^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.02$ ), while in the TG, this temperature difference was on average  $2.15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.5$ ), corresponding to the other results obtained through clinical tests, functional and ultrasound imaging, which indicated CT injuries. The present work is a pioneer in the diagnosis of CT tendinopathy by infrared thermography, which results demonstrate the robustness of the Infrared Thermography technique for the fast and efficient identification of CT tendinopathy, since the temperature increase was consistent with the clinical signs of inflammation (heat, pain, edema and loss of function).

**Keywords:** Tendinopathy. Achilles Tendinitis. Calcaneus tendinites. Infrared thermography. Ultrasound.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Músculos que originam o tendão do calcâneo. ....	22
Figura 2 - Curva de tensão-deformação do tendão. ....	25
Figura 3 - Relação dos fenômenos inflamatórios e sinais cardinais da inflamação...29	
Figura 4 - Seleção dos pontos para análise da imagem. ....	41
Figura 5 - Linha Isotérmica. ....	42
Figura 6 - Ponto de referência da probe para orientação. ....	43
Figura 7 - Posição da probe para coleta da imagem. ....	43
Figura 8 - Escala utilizada para avaliar a dor referida pelo voluntário. ....	44
Figura 9 - Procedimento de avaliação quantitativa da dor. ....	47
Figura 10 - Teste Salto de uma Perna. ....	48
Figura 11 - Imagem termográfica do TC em indivíduo sem tendinopatia. ....	50
Figura 12 - Imagem termográfica do TC em indivíduo com tendinopatia unilateral...50	
Figura 13 - Imagem termográfica do TC em indivíduo com tendinopatia bilateral....51	
Figura 14 - Curva de temperatura do TC. ....	52
Figura 15 - Diferença de temperatura do TC entre os membros. ....	53
Figura 16 - Tendão do Calcâneo- vista longitudinal. ....	55
Figura 17 - Tendão do Calcâneo de um participante do grupo controle – vista longitudinal. ....	56
Figura 18 - Tendão do Calcâneo de um participante do grupo tendinopatia (unilateral) - vista longitudinal.....	57
Figura 19 - Presença de edema e irrigação intratendínea no TC com tendinopatia - vista transversal. ....	58
Figura 20 - Tendinopatia bilateral do TC - vista longitudinal. ....	59
Figura 21 - Diferença espessura do TC entre os membros.....	60
Figura 22 - Dor referida. ....	61
Figura 23 - Algometria – Limiar de pressão de dor. ....	63
Figura 24 - Single Leg Hop Test.....	64
Figura 25 - Single Leg Hop Test – Diferença da distância entre os membros. ....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações dos músculos que originam o tendão do calcâneo. ....	23
Tabela 2 - Características dos grupos do estudo. ....	49
Tabela 3 - Exame de ultrassonografia. ....	53
Tabela 4 - Dados dos testes crepitação, espessura e sensibilidade à palpação. ....	61
Tabela 5 - Resultados dos testes clínicos. ....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TC: Tendão do calcâneo

mm: milímetro

TIV: Termografia infravermelha

GT: Grupo Tendinopatia

GC: Grupo Controle

cm: centímetro

µm: micrometro

## LISTA DE SÍMBOLOS

®: Marca Registrada

±: Desvio padrão

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	17
2 HIPÓTESE .....	20
3 OBJETIVOS.....	21
3.1 Objetivo geral .....	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
4 REVISÃO DA LITERATURA .....	22
4.1 Tendão do Calcâneo .....	22
4.1.1 Função e Biomecânica.....	23
4.2 Tendinopatia do Tendão Calcâneo .....	26
4.2.1 Definição, epidemiologia e etiologia.....	26
4.2.2 Inflamação e sinais cardinais.....	28
4.2.3 Inflamação e alterações do tendão.....	29
4.3 Diagnóstico convencional .....	31
4.4 Termografia Infravermelha .....	33
5 MATERIAL E MÉTODOS .....	37
5.1 Desenho Experimental.....	37
5.2 Amostra.....	37
5.3 Critérios de Inclusão e Exclusão .....	37
5.4 Local de Estudo.....	38
5.5 Aspectos Éticos do Estudo .....	38
5.6 Riscos e Benefícios .....	38
5.7 Grupos do Estudo .....	39
5.8 Coleta de Dados .....	39
5.8.1 Termografia Infravermelha .....	39
5.8.2 Ultrassom de Imagem .....	42
5.8.3 Dor Referida.....	44
5.8.4 Crepitação, Espessura e Ternura (sensibilidade) à Palpação.....	45
5.8.5 Sinal do Arco .....	45
5.8.6 Test Hospital Royal London .....	46
5.8.7 Dorsiflexão Passiva com a Articulação do Joelho em Flexão .....	46
5.8.8 Algometria.....	46
5.8.9 Levantamento do Calcâneo de uma Perna (Teste da Ponta dos Pés).....	47
5.8.10 Salto de Uma Perna (Single Leg Hop Test).....	47
5.9 Análise dos dados.....	48
6 RESULTADOS.....	49
7 DISCUSSÃO .....	65
8 CONCLUSÃO .....	70
REFERÊNCIAS.....	71

<b>ANEXO A – PARECER CEP .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As doenças musculoesqueléticas compreendem um grupo amplo de condições relacionadas a inflamação e degeneração de músculos, tendões, ligamentos, articulações e cartilagens, as quais podem resultar em sintomas álgicos e levar a limitação funcional. Estas fazem parte das doenças crônicas não transmissíveis, e que acarretam grandes impactos socioeconômicos (SOUZA; SANTANA, 2011).

Nos Estados Unidos, os gastos com tratamentos das lesões musculoesqueléticas foram responsáveis por um custo de 127 bilhões de dólares na economia, com aumento de mais de 37% em relação a década anterior. As lesões limitadas a tendões e ligamentos compreendem aproximadamente 40% do total de distúrbios musculoesqueléticos (GOMES; REIS; RODRIGUES, 2015).

A incidência de lesões tendíneas tem aumentado significativamente nas últimas décadas pelo aumento da prática de atividade física (MAFFULLI; KADER, 2002; PAAVOLA *et al.*, 2002). Quanto às lesões ocorridas no esporte, a tendinopatia do tendão do calcâneo (TC) representa 55-65% do total de lesões do tecido tendíneo. Porém, acomete também praticantes de exercício regulares e sedentários (JÄRVINEN *et al.*, 2005; LIAN; ENGBRETSEN; BAHR, 2005). O tendão do calcâneo é o segundo tendão mais afetado com evolução para o tratamento cirúrgico, ficando atrás dos tendões do manguito rotador (SAKABE; SAKAI, 2011).

O tendão do calcâneo (TC) é o mais largo e forte tendão do corpo humano, com a maior capacidade de suportar carga (O'BRIEN, 2005; KRAEUTLER; PURCELL; HUNT, 2017) e é biologicamente importante para o movimento mais funcional e rápido, sendo responsável pelos estágios finais do passo na marcha (RAMACHANDRAM, 2007). A força gerada no TC durante o exercício pode atingir 12 vezes o peso corporal, tornando o TC vulnerável a lesões por esforço repetitivo (BENJAMIN *et al.*, 2006).

Tendinopatia é uma síndrome clínica relacionada ao tendão e tecidos ao redor, podendo ser caracterizada por inflamação, deformação, microrrupturas ou rupturas. Inclui os distúrbios tendinose e tendinite, que resultam muitas vezes em dor e sensibilidade, bem como uma perda de força biomecânica e amplitude de movimento nas estruturas anatômicas envolvidas (MAFFULLI; SHARMA; LUSCOMBE, 2004; MOLLOY *et al.*, 2006; RIO *et al.*, 2014).

O sintoma mais comum da tendinopatia é a dor. Edema, sensibilidade no local, crepitação também são comuns nos indivíduos com a doença. Outras queixas, além da dor, estão relacionadas com o comprometimento da funcionalidade, como o a diminuição do desempenho nos esportes e nas atividades de vida diária, diminuição da amplitude de movimento e fraqueza muscular (MAFFULLI; SHARMA; LUSCOMBE, 2004; RYAN *et al.*, 2009).

A etiologia da tendinopatia é considerada multifatorial, com fatores intrínsecos e extrínsecos envolvidos (MAFFULLI; SHARMA; LUSCOMBE, 2004). A carga excessiva nos tendões por tempo prolongado (*overuse*) é a causa mais comum de lesão do TC (COOK; KHAN; PURDAM, 2002; RIO *et al.*, 2014). É comum que indivíduos sedentários e até mesmo atletas, não realizem a prevenção, por isso o diagnóstico precoce e o tratamento eficaz da tendinopatia do TC são essenciais para evitar um pior prognóstico, como a ruptura do tendão.

O diagnóstico da tendinopatia do TC é baseado principalmente na história, no exame clínico detalhado, e em exame de imagem. Atualmente, os exames de imagem mais utilizados para diagnóstico são o ultrassom e a ressonância magnética (JÓZSA; KANNUS, 1997; MARTIN *et al.*, 2018; CHINESE SOCIETY OF SPORTS MEDICINE, 2019). Entretanto, essas opções de diagnóstico possuem algumas limitações, como a variação das imagens obtidas por ultrassonografia quando os avaliadores são diferentes, a demora em liberar o laudo, o valor do equipamento e do exame em si, destacando a ressonância magnética, a presença de um potente campo magnético que pode acarretar em acidentes fatais na falta de cuidados.

Neste contexto em complementar e inovar os métodos atuais, a tecnologia é uma aliada para melhorias e desenvolvimento de novos equipamentos na área biomédica. A termografia é um recurso não invasivo, sem contato e utilizado para captar radiação infravermelha, gerando a mensuração e mapeamento indireto da distribuição das temperaturas emitidas pelo corpo (CHRISTIANSEN; GEROW, 1990). Tem sido cada vez mais utilizada na área das ciências biológicas para a identificação e diagnóstico de doenças, principalmente as patologias inflamatórias, uma vez que a temperatura corporal tem importante papel na homeostasia do organismo e é influenciada por uma variedade de fatores intrínsecos e extrínsecos (NEVES *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015; SIVANANDAM *et al.*, 2012).

Para manter o equilíbrio homeostático, o organismo possui mecanismos de adaptação frente às agressões. Nos humanos, ocorrem várias alterações

bioquímicas, fisiológicas e imunológicas como resposta às anormalidades, que juntas são denominadas de inflamação (VOLTARELLI, 1994; MEDZHITOV, 2008). Os sinais típicos da inflamação, chamados de sinais cardinais da inflamação, são: calor, rubor, tumor, dor e alterações funcionais (BRASILEIRO-FILHO, 2011).

Estudos com termografia por infravermelho já comprovaram que doenças inflamatórias apresentam a temperatura superficial da pele aumentada na região afetada (RING; COLLINS, 1970; ROMANÓ *et al.*, 2011; RING; AMMER, 2012; KIM, 2019).

Quanto ao seu uso, trabalhos da literatura demonstram que este recurso é promissor para o diagnóstico precoce de patologias ou lesões no organismo humano (SIVANANDAM *et al.*, 2012; LAHIRI *et al.*, 2012) e em animais (MICHELOTTO; ROCHA; MICHELOTTO JR, 2016), avaliação de efeito de medicamentos (RING; COLLINS, 1970), monitorização da cicatrização após procedimento cirúrgico (ROMANÓ *et al.*, 2011) e uso na área esportiva para monitoramento de estruturas musculoesqueléticas (principalmente músculos e tendões) (BANDEIRA, 2014; TUMILTY *et al.*, 2019).

As principais vantagens da termografia são: diagnóstico precoce, a velocidade da coleta de dados, a interpretação das imagens ocorre em tempo real, a radiação não ionizante, além de não precisar do contato com a parte inspecionada durante a coleta, uma vez que o toque em uma região sensível pode causar dor (BRIOSCHI *et al.*, 2009).

Portanto, é importante que novos estudos clínicos sejam realizados para verificar se a termografia por infravermelho é capaz de identificar um processo inflamatório e se o aumento da temperatura é consistente com os sinais cardinais da inflamação e, assim, comprovar que se trata de uma técnica válida para diagnóstico de doenças inflamatórias, em especial de tendinopatias do tendão do calcâneo, estrutura estudada neste trabalho.

Ressaltando que a termografia por infravermelho trata-se de uma técnica rápida, não emite radiação e é indolor, uma vez que não necessita de contato com o paciente, fator importante em avaliações inflamatórias, o qual a dor na região afetada é um sintoma comum.

## **2 HIPÓTESE**

Sugere-se que os indivíduos que possuam alguma tendinopatia do calcâneo apresente um padrão de alterações na temperatura superficial, como o aumento da temperatura da estrutura estudada quando comparado ao seu lado sadio (tratando-se de tendinopatia unilateral) ou em relação a sujeitos saudáveis. E que o aumento da temperatura é consistente com os sinais cardinais da inflamação comprovados pelos resultados dos testes clínicos, funcionais e com os exames de imagem de ultrassonografia.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Associar os sinais clássicos da inflamação como edema, dor, calor e limitações de função com os achados termográficos em voluntários sadios e voluntários com tendinopatia do calcâneo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Estabelecer uma faixa de normalidade de diferença de temperatura do tendão do calcâneo entre membros;
- ✓ Verificar se o aumento da temperatura, demonstrado pela termografia por infravermelho, é consistente com os sinais clássicos da inflamação: dor, calor, edema e perda de função;
- ✓ Verificar se a termografia é um método válido para diagnóstico de doenças inflamatórias, como tendinopatia do tendão calcâneo.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

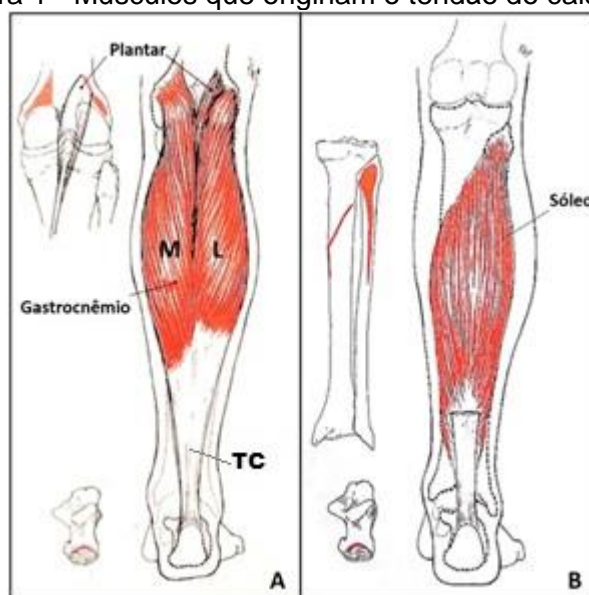
### 4.1 Tendão do Calcâneo

Em 1997, foi aceita pela *International Federation of Associations of Anatomists* a última revisão de nomenclatura anatômica, o qual no ano seguinte foi publicado o livro *Terminologia Anatomica*, em que o termo tendão de Aquiles passou a ter como terminologia anatômica válida tendão do calcâneo (KACHLIK *et al.*, 2008).

O tendão do calcâneo (TC) é o mais espesso e forte tendão do corpo humano, com grande capacidade de suportar carga (O'BRIEN, 2005; KRAEUTLER; PURCELL; HUNT, 2017). O comprimento médio do TC é de 15 cm e varia de 11 a 26 cm. Já a largura média depende da localização, variando de 6,8 cm (região da origem) a 3,4 cm na inserção no ponto médio da região posterior da superfície do osso calcâneo (DORAL *et al.*, 2010).

É formado pela união dos tendões dos músculos gastrocnêmico medial, gastrocnêmico lateral e sóleo que inserem no osso calcâneo, além da contribuição dos tendões (longo e fino) do músculo plantar que se inserem no TC. O grupo muscular e TC estão ilustrados na figura 1 (KENDALL; MCCREARY; PROVANCE, 1994; DORAL *et al.*, 2010; DAYTON, 2017).

Figura 1 - Músculos que originam o tendão do calcâneo.



Legenda: A= Vista posterior da perna, demonstrando os músculos plantar, gastrocnêmio medial (M), gastrocnêmio lateral (L) e o tendão do calcâneo (TC). B= Vista posterior da perna, demonstrando o músculo sóleo.

Fonte: Adaptado de Kendall; McCreary; Provance (1994).

O músculo gastrocnêmio se une ao sóleo para formar o TC de dois modos distintos. Na junção mais comum, as aponeuroses se unem próximo a inserção no calcâneo. Na junção do tipo 2, a aponeurose gastrocnêmica se insere diretamente no aponeurose do sóleo (KADER et al., 2002).

Na tabela 1 está resumida as informações dos músculos que formam o TC (KENDALL; MCCREARY; PROVANCE, 1994; MAFFULLI; ALMEKINDERS, 2007; DEL BUONO *et al.*, 2013).

Tabela 1 - Informações dos músculos que originam o tendão do calcâneo.

Informações	Músculos		
	Gastrocnêmio	Plantar	Sóleo
<b>Origem</b>	<p><i>Porção medial:</i> Parte proximal e posterior do côndilo medial e parte adjacente do fêmur, cápsula da articulação do joelho.</p> <p><i>Porção lateral:</i> Côndilo lateral e superfície posterior do fêmur, cápsula da articulação do joelho.</p>	<p>Parte distal da linha condilar lateral do fêmur e parte adjacente de sua superfície poplíteia, ligamento poplíteo oblíquo da articulação do joelho.</p>	<p>Superfícies posteriores da cabeça da fíbula e terço proximal do seu corpo, linha solear e terço intermediário da borda medial da tíbia e arco tendíneo entre a tíbia e a fíbula.</p>
<b>Inserção</b>	Parte média da superfície posterior do calcâneo.	Parte posterior do calcâneo.	Superfície posterior do calcâneo
<b>Tipo de fibra</b>	Predominância de fibras do tipo II	--	Predominância de fibras do tipo I
<b>Inervação</b>	Nervo Tibial, S1-S2	Nervo Tibial, L4-S2	Nervo Tibial, L5-S2
<b>Função</b>	<p>Principal: Flexão plantar da articulação do tornozelo.</p> <p>Auxiliar: Flexão do joelho.</p>	<p>Principal: Flexão plantar da articulação do tornozelo.</p> <p>Auxiliar: Flexão do joelho.</p>	<p>Flexão plantar da articulação do tornozelo.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### 4.1.1 Função e Biomecânica

Os tendões possuem a função de transmitir forças da contração muscular ao osso e, assim, permitir o movimento articular e locomoção. São estabilizadores estáticos e dinâmicos, além de atuarem como limitador mecânico (WOO et al., 2005;

WANG, 2006). As fibras do tendão são entrelaçadas com os músculos, e suportam as forças tensivas mesmo em diferentes direções, pois a direção da contração muscular varia com a disposição das fibras musculares (por exemplo: penado, fusiforme) (JÓZSA; KANNUS, 1997).

Os principais músculos que originam o TC, sóleo e gastrocnêmios, participam das fases da marcha. São ativos na fase final do apoio e desempenham importante papel na propulsão e equilíbrio do tornozelo. O sóleo atua como um eficiente estabilizador quando se trata de equilíbrio, resiste a força de reação ao solo da perna de apoio durante a marcha (DAYTON, 2017). A força gerada pelo TC durante o exercício pode atingir 12 vezes o peso corporal, tornando o TC vulnerável a lesões por esforço repetitivo (BENJAMIN *et al.*, 2006).

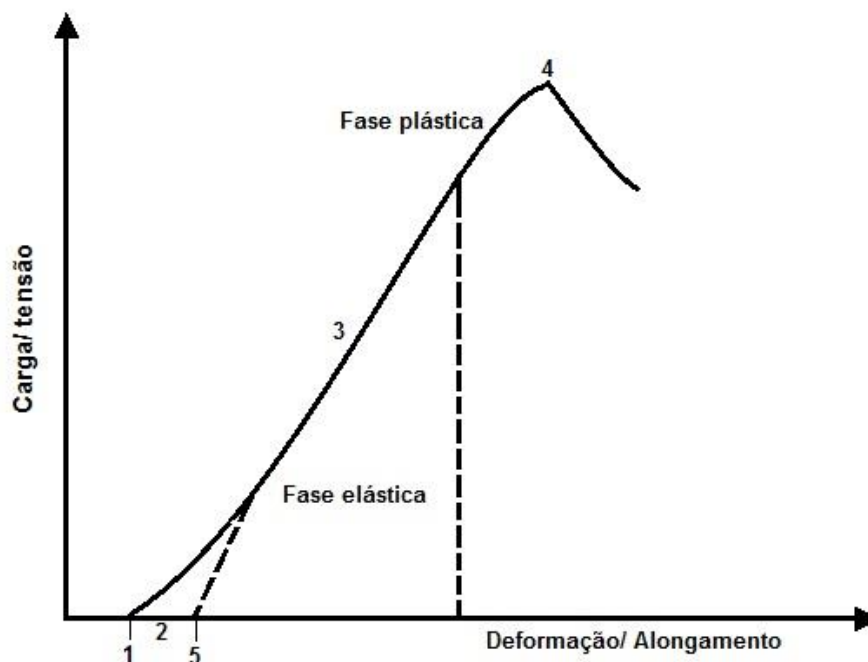
O tecido tendíneo apresentam características viscoelásticas (WILMINK; WILSONB; GOODSHIP, 1992). O colágeno, principal elemento estrutural do tendão, é o componente que resiste à deformação tensiva, sendo responsável pela força e rigidez, além da flexibilidade e resistência (JÓZSA; KANNUS, 1997). Durante a realização dos movimentos articulares, as fibras colágenas absorvem a maior parte da sobrecarga de tensão, respondendo de maneira viscoelástica (WANG, 2006; PEARSON, BURGESS; ONAMBELE, 2007; DAYTON, 2017).

A resistência de um tendão e a eficiência deste mecanismo, depende do direcionamento paralelo destes elementos com a direção das forças à que estão sujeitas. Porém, é importante lembrar que as unidades de fibrilas de colágeno não estão em sua totalidade dispostas de forma linear, mas apresentam um padrão ondulatório helicoidal denominado *crimp*. Vidal (2003) sugere que o *crimp* fornece certa elasticidade aos tendões, permitindo amortecimento e acomodação do tecido durante o estiramento, evitando, assim, a ruptura.

As fibrilas elásticas quando estão em posição de repouso é possível observar os *climps*, variações de faixas claras e escuras. Já em posição de estiramento, essas faixas são perdidas. O endireitamento dos *climps* sob carga contribui para a relação tensão X deformação (WILMINK; WILSONB; GOODSHIP, 1992). Na figura 2 está demonstrado uma curva típica de força X deformação do tendão (alongamento), o qual inicialmente grandes incrementos de alongamento são vistos para pequenos aumentos na tensão (carga). Esse fenômeno corresponde ao endireitamento das fibrilas de colágeno onduladas e compreende a região não linear chamada *toe*

(DIAMANT *et al.*, 1972; WILMINK; WILSONB; GOODSHIP, 1992; JAMES *et al.*, 2008).

Figura 2 - Curva de tensão-deformação do tendão.



Legenda: Curva típica de tensão-deformação do tendão, sendo: 1= repouso; 2= região toe, 3= região da elasticidade linear, 4= ponto de ruptura e 5= limite da região toe.

Fonte: Adaptado de Wilmink, Wilsonb e Goodship (1992).

Após o endireitamento dos *crimps*, o tendão se deforma como um material elástico linear, sendo que a o incremento de tensão aplicada resulta no aumento linear da deformação. Teoricamente, dentro da região elástica, a deformação da estrutura do tendão é recuperável quando a carga é removida, no entanto, o ciclo de histerese pode ocorrer, em que essa relação linear não é seguida, indicando uma pequena quantidade de perda de energia como calor (WILMINK; WILSONB; GOODSHIP, 1992).

Ainda segundo Wilmink, Wilsonb e Goodship (1992), a elasticidade pode ser determinada a partir da inclinação da região linear do gráfico de tensãoXdeformação. Em tensões altas, é atingido um ponto de escoamento além do qual ocorrem extensões cada vez maiores para incrementos de tensão graduais, a deformação após esse ponto não é recuperável e é denominada deformação plástica, indicando danos à estrutura. Se o aumento de tensão persistir, a deformação plástica contínua até o ponto de falha mecânica completa, este ponto é denominado tensão de tração final.

Diamant e colaboradores (1972) demonstraram que o endireitamento dos *crimps* das fibras de colágeno e a deformação ocorrem em diferentes momentos, dependendo da porção do tendão (diferença de angulação de cada *crimp*). Logo, ao existir diferentes características de *crimps* dispostas pelo tendão, com a deformação incremental, algumas fibras atingirão seus níveis de tensão de tração final antes de outras e levarão a uma ruptura parcial do tendão.

Wang (2006) realizou uma ampla revisão acerca da carga mecânica no tendão. O autor descreveu que os tendões alteram a estrutura e bioquímica em resposta às demandas funcionais sobre ele. O treinamento físico eleva a capacidade do tendão em suportar carga, aumenta o número e volume das fibrilas de colágeno. Cita ainda, que o exercício intensivo de resistência aumenta a renovação do colágeno, em contrapartida, diminui a maturação do colágeno nos tendões.

Por meio da técnica de microdiálise, o efeito de exercícios no TC de seres humanos também foi determinado. Verificou-se que o treinamento físico de maior intensidade e regular aumenta a síntese e degradação do colágeno tipo I na região peritendinosa do TC e também constataram que os processos anabólicos dominaram (LANGBERG; ROSENDAL; KJAER, 2001).

Na revisão de Wang (2006) também é discutida o efeito do desuso e imobilismo no tendão. Em geral, a imobilização diminui o peso total do tendão, rigidez e resistência à tração, porém este efeito ocorre em um processo mais lento do que nos músculos esqueléticos, uma vez que o tendão possui um metabolismo e vascularização menos ativos do que a musculatura.

## **4.2 Tendinopatia do Tendão Calcâneo**

### **4.2.1 Definição, epidemiologia e etiologia**

Doenças relacionadas ao sistema musculoesquelético é responsável por 50% dos casos de afastamento e compensações previdenciárias nos países do Canadá, Estados Unidos e França (KRAUT, 1994; BUCKLE; DEVEREUX, 2002; LEIGH; ROBBINS, 2004), além de interferirem diretamente na capacidade de trabalho, principalmente pelo sintoma da dor (PALMER; GOODSON, 2015).

Nos países Canadá, Estados Unidos e França, mais de 50% dos casos de afastamento e compensações previdenciárias corresponderam as doenças musculoesqueléticas (KRAUT, 1994; BUCKLE; DEVEREUX, 2002; LEIGH; ROBBINS, 2004).

Anualmente, cerca de 33 milhões de lesões musculoesqueléticas ocorrem nos Estados Unidos, sendo que mais da metade envolvem lesões nos tecidos moles, incluindo tendões e ligamentos (JAMES *et al.*, 2008). Também nos Estados Unidos, mais de 100 mil cirurgias relacionadas ao tecido tendíneo são realizadas, em que os tendões do manguito rotador, TC e tendão patelar, respectivamente, são os mais afetados (SAKABE; SAKAI, 2011).

A incidência de lesões tendíneas tem aumentado significativamente nas últimas décadas pelo aumento da prática de atividade física (MAFFULLI; KADER, 2002; PAAVOLA *et al.*, 2002). Quanto às lesões ocorridas no esporte, a tendinopatia do TC representa 55-65% do total de lesões do tecido tendíneo (JÄRVINEN *et al.*, 2005). E em populações com menor frequência de atividades esportivas, a lesão no TC acomete de 7% a 40% os praticantes de exercícios regulares e 5,9% nos indivíduos sedentários (LIAN; ENGBRETSEN; BAHR, 2005).

As tendinopatias podem ser classificadas com relação aos sintomas. A fase aguda se caracteriza quando os sintomas iniciaram-se em menos de duas semanas; subaguda, no período de duas a seis semanas, e crônica, se os sintomas persistirem por mais de seis semanas (EL HAWARY; STANISH; CURWIN, 1997).

Apesar de muitas vezes não corresponderem a situação clínica real, os termos tendinites e tendinoses ainda são muito utilizados. O termo tendinite deve ser usado para descrever a presença de um processo inflamatório no tendão (GABEL, 1999) e tendinoses quando há um estado de degeneração do tendão, sem sinais clínicos ou histológicos de inflamação intratendínea (PUDDU; IPPOLITO; POSTACCHINI, 1976). Entretanto, desde 1995, Astrom e Rausing, recomendam evitar o termo tendinite na prática clínica, com a intenção de não subestimar a condição do tendão afetado, e que esses termos devem ser utilizados somente após confirmação histopatológica. Por isso, usa-se o termo tendinopatia para não subestimar ou superestimar uma condição clínica.

A etiologia das tendinopatia é multifatorial, envolve fatores intrínsecos e extrínsecos. Maffulli, Sharma e Luscombe (2004) citam a vascularização do tendão, disfunção gastrocnêmio-sóleo, idade, gênero, peso e altura, pé cavo e instabilidade

do tornozelo como exemplos de fatores intrínsecos. Os exemplos de fatores extrínsecos são mudanças no padrão de treinamento, má técnica, lesões anteriores, calçados e treinamento em superfícies duras, escorregadias ou inclinadas.

A carga excessiva nos tendões durante o treinamento físico vigoroso (*overuse*) é considerada o principal estímulo patológico para a degeneração, sendo descrita como uma teoria mecânica para o surgimento da tendinopatia. Devido ao micro trauma frequente, o tecido vai perdendo a resistência, sendo o organismo incapaz de realizar o reparo eficiente, culminando no processo lesivo no tendão que leva a alterações estruturais (LEADBETTER, 1992; SELVANETTI; PUDDU, 1997; COOK; KHAN; PURDAM, 2002; RIO *et al.*, 2014).

Outras duas teorias são descritas na literatura como etiologia das tendinopatias do TC. A teoria vascular relaciona o início da lesão a partir de uma região pobremente vascularizada no tendão, entre 2-6 cm da inserção (AHMED *et al.*, 1998). Enquanto a teoria neural descreve que a injúria pode originar-se da presença de glutamato, substância P e outros neurotransmissores nos tecidos (HART; FRANK; BRAY, 1995).

A tendinopatia pode ser insercional ou não insercional, esta última, geralmente envolve tecidos ao redor do tendão. Assim como já comentado, as nomenclaturas em relação a fase aguda ou crônica é questionada. Mas é aceito que a terminologia tendinose é mais aplicada à degeneração, caracterizada pela desorganização do colágeno e separação de fibras, aumento das substâncias da matriz extracelular e do conteúdo celular, dando aspecto de tecido fibroso, além do crescimento de nervos, angiogênese e ausência de sinais de inflamação intratendínea; característica principal da inflamação aguda do tendão, denominada tendinite (GOMES; REIS; RODRIGUES, 2015).

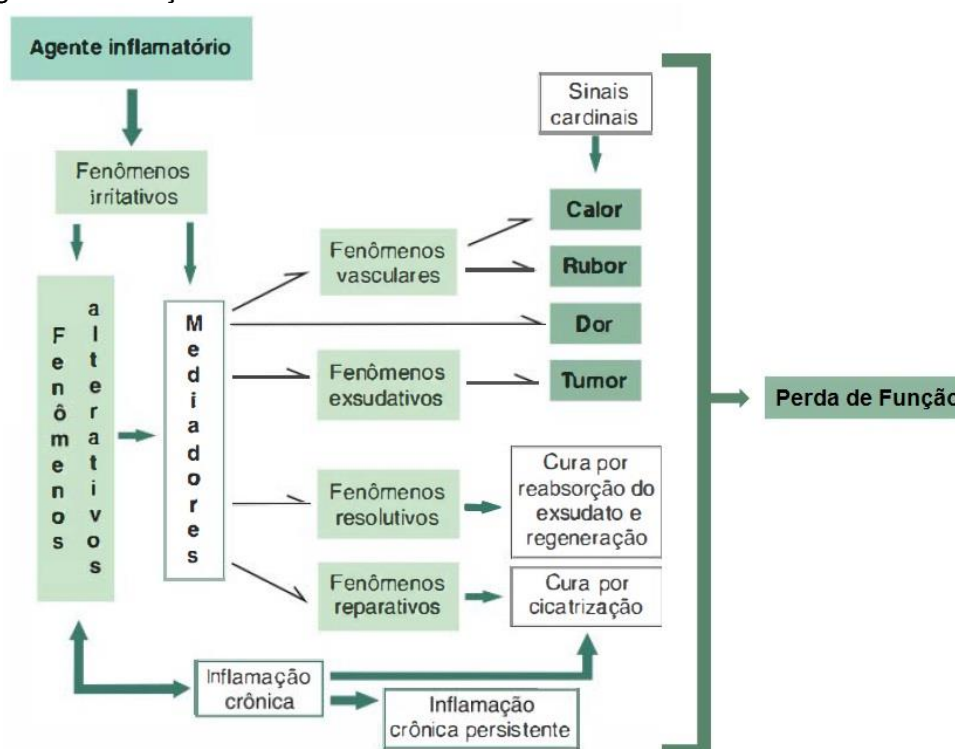
#### **4.2.2 Inflamação e sinais cardinais**

Os seres vivos com o objetivo de manter a equilíbrio homeostático possuem mecanismos de adaptação frente a uma agressão, como infecção ou injúria tecidual. Nos humanos, estas respostas incluem várias alterações bioquímicas, fisiológicas e imunológicas, que juntas são denominadas inflamação (VOLTARELLI, 1994; MEDZHITOV, 2008).

Na antiguidade, os gregos e romanos por observações a olho nu caracterizaram os sinais e sintomas da inflamação, e posteriormente, por meio dos estudos de inflamações experimentais, essa caracterização foi comprovada. Os sinais típicos da inflamação, chamados de sinais cardinais da inflamação, são: calor, rubor, tumor, dor e alterações funcionais (BRASILEIRO-FILHO, 2011).

Abaixo, na figura 3, está esquematizado relação dos fenômenos inflamatórios e os sinais cardinais da inflamação.

Figura 3 - Relação dos fenômenos inflamatórios e sinais cardinais da inflamação.



Fonte: Adaptado de Brasileiro-Filho (2011).

#### 4.2.3 Inflamação e alterações do tendão

A tendinopatia pode ser insercional ou não insercional, esta última, geralmente envolve tecidos ao redor do tendão. Assim como já comentado, as nomenclaturas em relação a fase aguda ou crônica é questionada. Mas é a aceito que a terminologia tendinose é mais aplicada à degeneração, caracterizada pela desorganização do colágeno e separação de fibras, aumento das substâncias da matriz extracelular e do conteúdo celular, dando aspecto de tecido fibroso, além do crescimento de nervos, angiogênese e ausência de sinais de inflamação

intratendínea; característica principal da inflamação aguda do tendão, denominada tendinite (GOMES; REIS; RODRIGUES, 2015).

Apesar do tecido tendíneo possuir toda estrutura para suportar altas cargas, atividades intensas e constantes, movimentos brutos, trauma direto e entre outros fatores, levam o tendão atingir sua capacidade máxima de transmissão de força e resultar em lesões, ruptura ou degeneração (JAMES *et al.*, 2008).

Após uma injúria, inicia-se um processo inflamatório, com possível desfecho de cura ou evolução para inflamação crônica e degeneração, depende da condição genética e hábitos de vida do indivíduo. O processo de reparo é composto por três fases distintas (MAFFULLI; SHARMA; LUSCOMBE, 2004; RIO *et al.*, 2014).

Inicialmente, ocorre o estágio inflamatório que é caracterizado pelo recrutamento e migração das células neutrófilos, monócitos e macrófagos por meio de citocinas pró-inflamatórias até o local, onde é realizado o processo de fagocitose de material necrosado. Os fibroblastos recrutados e tenócitos locais começam a sintetizar vários componentes da matriz extracelular. Fatores angiogênicos são liberados durante esta fase e iniciam a formação de uma rede vascular. Todo esse conjunto estabelece continuidade e estabilidade parcial no local da lesão (JAMES *et al.*, 2008; ZAFAR; MAHMOOD; MAFFULLI, 2009).

Após alguns dias, inicia-se a fase proliferativa, onde ocorre alta síntese, em que recrutamento contínuo de fibroblastos e sua rápida proliferação no local da ferida são responsáveis pela síntese de colágenos (principalmente do tipo III), proteoglicanos e outros componentes da MEC. Esses componentes são inicialmente organizados de maneira aleatória no ECM (JAMES *et al.*, 2008; ZAFAR; MAHMOOD; MAFFULLI, 2009).

Por fim, a terceira fase é a de remodelação, caracterizada por uma diminuição da hiper celularidade, redução da síntese matricial, onde haverá a formação de um tecido de reparação fibroso, através da grande produção de colágeno tipo I que começa a se organizar ao longo do eixo longitudinal do tendão. No entanto, o reparo do tendão é um processo lento e a cicatrização formada é constituída por um tecido mecanicamente inferior. Após dez semanas a etapa de maturação é iniciada, promovendo uma mudança gradual no tecido cicatricial, a fim de torná-lo melhor organizado e mais resistente. Esta é uma longa etapa, podendo ultrapassar o período de um ano (JAMES *et al.*, 2008; ZAFAR; MAHMOOD; MAFFULLI, 2009).

A falta de uso ou morbidade leva a extensas cicatrizes e aderências. Portanto, após o processo de reparo, os tendões lesionados raramente têm as mesmas propriedades biológicas e mecânicas que o tecido original (SHARMA; MAFFULLI, 2006).

Na tendinopatia crônica, encontra-se uma proporção aumentada de colágeno tipo III em relação ao tipo I em comparação com o tendão saudável. Essa proporção alterada, aumenta o risco de ruptura, uma vez que o tipo III não é tão resistente quanto o colágeno tipo I (JAMES *et al.*, 2008; GOMES; REIS; RODRIGUES, 2015).

Marcos e colaboradores (2012) mostraram em um estudo experimental que a força necessária para ruptura do TC com tendinopatia é menor do que no grupo controle, até mesmo dos sujeitos tratados com o medicamento diclofenaco de sódio.

Tem sido demonstrado que a tendinopatia do TC aumenta o diâmetro do tendão e os tendões rompidos eram substancialmente mais amplos que os controles. Comparado com essa população controle, um grupo encontrou uma espessura média de 11,7 mm nos tendões rompidos e mediu os tendões saudáveis contralaterais dos mesmos pacientes em 5,4 mm. Estudos populacionais descobriram uma taxa aumentada de ruptura do tendão de Aquiles contralateral em pacientes que sofreram uma ruptura anteriormente em comparação com a população não lesionada. Esses achados juntos podem apoiar uma correlação entre a espessura do tendão e o risco de ruptura do TC (DEDERER; TENNANT, 2019).

Nos tendões patológicos, os tenócitos proliferam, tornam-se mais arredondados e contêm uma maior proporção de organelas produtoras de proteínas. Com isso, há um aumento da produção de proteoglicanas, que pode comprometer dinâmica da interação célula-matriz extracelular. Isso leva a retenção de água, causando edema e alteração dos canais iônicos, o qual estimula as fibras do tipo C locais e aumentará as concentrações intersticiais de potássio e hidrogênio, estimulando os neurônios nociceptores, sensibilizados pelo pH baixo (RIO *et al.*, 2014).

### **4.3 Diagnóstico convencional**

O diagnóstico da tendinopatia do TC é baseado principalmente na história, exame clínico detalhado e exame de imagem. A existência de vários métodos

diagnósticos para injúrias é um bom fator para diferenciação entre as doenças, graus de comprometimento e severidade, estágio e qual melhor tratamento. Podemos verificar que muitos dos métodos são complementares a outro, para fornecer maior certeza do diagnóstico.

Atualmente os mais utilizados para diagnóstico de tendinopatia do TC são exames físicos e de imagem, como o ultrassom com ou sem o modo Doppler, radiografia (raio-X) e a ressonância magnética (JÓZSA; KANNUS, 1997; MARTIN *et al.*, 2018; CHINESE SOCIETY OF SPORTS MEDICINE, 2019).

Os exames físicos dependem muito do conhecimento sobre a anatomia e função da unidade do músculo-tendão, sua inserção e principal cadeia cinética, sem esses conhecimentos os diagnósticos não serão feitos e nem o seu tratamento ideal. Os exames clínicos compreendem em avaliar sinais e sintomas de uma inflamação local apresentando dor a palpação ou a movimentação específica da articulação (tanto passiva quanto ativa), diminuição dos movimentos articulares devido dor e edemas, além de testes que avaliam a função (MARTIN *et al.*, 2018).

Quanto aos exames de imagem os mais utilizados no diagnóstico de tendinopatia é o ultrassom e ressonância magnética, e em alguns casos a radiografia.

As imagens de uma radiografia podem revelar depósitos de cálcio (calcificação) de áreas do TC e anormalidades do osso calcâneo que interfiram na biomecânica da marcha, agredindo o tendão (CHINESE SOCIETY OF SPORTS MEDICINE, 2019).

A ultrassonografia é utilizada para avaliação da continuidade das fibras, tendo em vista que em um tendão saudável é encontrado fibras contínuas e paralelas e em tendões patológicos observa-se a interrupção da homogeneidade e focos hipoeoicos, podendo estar acompanhado ou não de espessamento da região tendínea e peritendínea. As regiões hipoeoicas encontradas costumam ser correlacionadas com a perda do padrão fibrilar da estrutura, podendo apresentar rupturas parciais ou completas no tendão. Esse tipo de instrumento mostra também espessamento, área com líquido envolto do tendão. Com o modo Doppler, o aparelho fornece informações importantes adicionais a circulação do tendão. Geralmente, é possível observar um aumento da vascularização no tendão, descrita como neovascularização, indicando a tentativa de reparo do organismo (ZANETTI *et al.*, 2003; GAWEDA; TARCZYNSKA; KRZYZANOWSKI, 2010.).

A ressonância magnética por ser uma técnica de maior custo é utilizada ocasionalmente. Pode ser requisitada quando há dúvidas sobre o diagnóstico, por exemplo, para quantificar mais precisamente a extensão da lesão (MEDEIROS, 2019).

#### **4.4 Termografia Infravermelha**

Wunderlich e Woodman (1871) por meio de seus estudos estabeleceram o intervalo de normalidade da temperatura corporal. Eles avaliaram a temperatura de indivíduos com febre e comparou com a temperatura de sujeitos afebris, estabelecendo uma faixa normalidade de temperatura entre 36,3 e 37,5°C. Os autores estabeleceram também que temperaturas além dessa faixa deveriam ser consideradas uma indicação de uma possível doença.

A manutenção da temperatura corporal é constante e é controlada por várias funções fisiológicas do corpo humano que envolvem sensores térmicos, o sistema nervoso central e o periférico, além de ser influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos (CHUDECKA; LUBKOWSKA; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, 2014; NEVES *et al.*, 2017).

Todo objeto que possui a temperatura acima de zero absoluto emite radiação eletromagnética ou radiação infravermelha (LAHIRI *et al.*, 2012). Os sensores das câmeras de termografia captam essa radiação infravermelha, que para aplicações na área da medicina, os equipamentos utilizam uma faixa de comprimento de onda muito estreita de 8–12  $\mu\text{m}$ , uma vez que as emissões infravermelhas da pele humana (em torno de 27°C) são dentro da faixa de comprimento de onda de 2 a 20  $\mu\text{m}$ , com pico em torno de 10  $\mu\text{m}$  (CHRISTIANSEN; GEROW, 1990; LAHIRI *et al.*, 2012).

As câmeras de termografia infravermelho mais atuais permitem uma imagem de alta resolução, com mais de 64.000 pontos precisos de temperatura a uma distância de 50 cm entre câmera e voluntário, cada ponto corresponde a uma área menor que 1  $\text{mm}^2$  e são capazes de distinguir diferenças de temperatura menor que 0,07° C em menos de 0,01 segundo, isto é 30 vezes mais do que a capacidade normal humana. Programas sofisticados permitem avaliações funcionais com subtração de imagens, fusão com imagens de ressonância e até mesmo a reconstrução tridimensional (BRIOSCHI *et al.*, 2002).

Christiansen e Gerow (1990) relatam que os termógrafos não distinguem cores, os tons referentes a temperatura variam na escala de cinza (prata a preto), sendo que quanto mais frio, mais próximo do preto, e quanto mais quente, mais próximo ao tom de prata.

Estudos mais recentes já têm demonstrado grande progresso relacionados ao desempenho dos equipamentos de imagem infravermelha, padronização da técnica e protocolos clínicos para uso da termografia, além de influências de fatores ambientais, individuais e fatores técnicos, mostrando o avanço e a preocupação com o crescente detalhamento de seu uso (RING; AMMER, 2012; FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015).

Por definição, a termografia é um recurso não invasivo, sem contato e utilizado para captar radiação infravermelha, gerando a mensuração e mapeamento indireto da distribuição das temperaturas emitidas pelo corpo (CHRISTIANSEN; GEROW, 1990). Cada vez mais tem sido aplicada na área biológica para a identificação e diagnóstico de doenças, principalmente as patologias inflamatórias, uma vez que a temperatura corporal tem importante papel na homeostasia do organismo e é influenciada por uma variedade de fatores intrínsecos e extrínsecos (NEVES *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015; SIVANANDAM *et al.*, 2012).

Este recurso, baseia-se no fato de que pele humana possui uma homeostasia térmica indicativo de normalidade. Qualquer alteração térmica pode ser indicativo que algum sistema está em desequilíbrio. Normalmente, um aumento da temperatura significa que existe maior circulação local que pode ser devido a um processo alérgico ou inflamatório (CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

Para manter o equilíbrio homeostático, o organismo possui mecanismos de adaptação frente às agressões. Nos humanos, ocorrem várias alterações bioquímicas, fisiológicas e imunológicas como resposta às anormalidades, que juntas são denominadas de inflamação (VOLTARELLI, 1994; MEDZHITOV, 2008). Os sinais típicos da inflamação, chamados de sinais cardinais da inflamação, são: calor, rubor, tumor, dor e alterações funcionais (BRASILEIRO-FILHO, 2011).

Estudos com termografia por infravermelho já comprovaram que doenças inflamatórias apresentam a temperatura superficial da pele aumentada na região afetada (RING; COLLINS, 1970; ROMANÓ *et al.*, 2011; RING; AMMER, 2012; KIM, 2019).

Quanto ao seu uso, trabalhos da literatura demonstram que este recurso é promissor para o diagnóstico precoce de patologias ou lesões no organismo humano (SIVANANDAM *et al.*, 2012; LAHIRI *et al.*, 2012) e em animais (MICHELOTTO; ROCHA; MICHELOTTO JR, 2016), diagnóstico de lesões musculoesqueléticas (MANGINE; SIQUELAND; NOYES, 1987; THOMAS *et al.*, 1992; VECCHIO *et al.*, 1992), avaliação de efeito de medicamentos (RING; COLLINS, 1970), monitorização da cicatrização após procedimento cirúrgico (ROMANÓ *et al.*, 2011); potencial uso no campo da ergonomia e diagnóstico de doenças ocupacionais (GOLD; CHERNIACK; BUCHHOLZ, 2004), uso na área esportiva para monitoramento de estruturas musculoesqueléticas (BANDEIRA, 2014; TUMILTY *et al.*, 2019) e investigação do desempenho de atletas (FORMENTI *et al.*, 2013).

As principais vantagens da termografia são: diagnóstico precoce; a velocidade da coleta de dados; a interpretação das imagens ocorre em tempo real, que permite o monitoramento de variações dinâmicas de temperatura; esta técnica registra apenas a radiação natural que emite das superfícies da pele e, portanto, não tem efeitos nocivos à radiação; além de não precisar do contato com a parte inspecionada durante a coleta, uma vez que o toque em uma região sensível pode causar dor (BRIOSCHI *et al.*, 2009; LAHIRI *et al.*, 2012).

Algumas limitações são comentadas na revisão de Lahiri e colaboradores (2012), em que para o sucesso da técnica e garantir a fidedignidade dos resultados, o ambiente da coleta de dados deve ser rigorosamente controlado, deve-se respeitar o tempo de aclimatação térmica; necessidade do uso de um equipamento moderno que garante alta sensibilidade da câmera, precisão e alta resolução das imagens; e algumas vezes pode ser considerada inespecífica em avaliações de anatomia de tecidos.

Mas esta técnica possui vários benefícios, citados anteriormente, e base científica de que é um recurso válido para diagnóstico, que possibilitou ampla aceitação entre a comunidade médica e na ciência.

Neste contexto, esta tecnologia vem sendo utilizada desde a década de 1950, apresentando bons resultados nos diferentes tipos de doenças e infecções (JIANG *et al.*, 2005).

Até o momento, a termografia por infravermelho tem sido muito utilizada para avaliar do tratamento de lesões em animais de grande porte com tendinopatia e diagnóstico precoce por termografia (MICHELOTTO; ROCHA; MICHELOTTO JR,

2016; CHAUDHRY *et al.*, 2016). Há poucos trabalhos específicos na literatura que demonstram o uso da termografia por infravermelho como técnica diagnóstica de tendinopatias em humanos (BINDER *et al.*, 1983; MANGINE; SIQUELAND; NOYES, 1987; VECCHIO *et al.*, 1992; MEKNAS *et al.*, 2008; CHAUDHRY *et al.*, 2016) e nenhum é referente ao diagnóstico de tendinopatia do tendão do calcâneo.

Desse modo, é importante que novos estudos clínicos sejam realizados para verificar se a termografia por infravermelho é capaz de identificar um processo inflamatório, em especial no tendão calcâneo, e se o aumento da temperatura é consistente com os sinais cardinais da inflamação e, assim, comprovar que se trata de uma técnica válida para diagnóstico de doenças inflamatórias, como o de tendinopatias no tendão calcâneo.

É importante destacar que a termografia por infravermelho é uma técnica rápida, que não emite radiação, relativamente de baixo custo (custo maior para a aquisição do aparelho), monitoramento dinâmico e é indolor, uma vez que não necessita de contato com o paciente, fator importante em avaliações de doenças inflamatórias, o qual a dor na região afetada é um sintoma comum e desagradável para os sujeitos acometidos pela doença.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Desenho Experimental**

Estudo analítico, transversal e de cunho quali/quantitativo. Considerou-se este o delineamento adequado para a presente investigação, sendo realizado o procedimento para coleta de dados em uma única avaliação, sem acompanhamento longitudinal das participantes (o que determina sua característica transversal).

### **5.2 Amostra**

Participaram do estudo 28 voluntários no total, com e sem tendinopatia do tendão calcâneo. Foram realizadas as avaliações bilateralmente em membros inferiores, totalizando 56 tendões do calcâneo.

### **5.3 Critérios de Inclusão e Exclusão**

Para o grupo tendinopatia, os critérios de inclusão foram: Tendinopatia do TC unilateral ou bilateral com duração mínima de três meses, ambos gênero, idade entre 18-80 anos, sujeitos ativos ou sedentários e aparência de ultrassonografia patológica do TC, com tendão espessado. Quanto aos critérios de exclusão, foram: cirurgia anterior no TC, injeção de cortisona nos últimos 6 meses, doença inflamatória sistêmica, sutura / cirurgia prévia do TC, gravidez ou hipercolesterolemia familiar (pode provocar o xantoma do tendão de Aquiles).

Para o grupo controle, os critérios inclusão adotados foram: TC saudável, ambos gêneros, idade entre 18-80 anos e sujeitos ativos ou sedentários. E os critérios de exclusão envolveram: doenças ou injúrias musculoesqueléticas em membros inferiores.

Todos os participantes foram instruídos a evitar o uso de medicamentos antiinflamatórios não esteróides (AINEs) uma semana antes da avaliação.

#### **5.4 Local de Estudo**

Este estudo foi realizado junto ao Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora pertencente ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) e no Centro de Práticas Supervisionadas pertencente à Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da UNIVAP.

#### **5.5 Aspectos Éticos do Estudo**

O presente projeto de pesquisa foi submetido à análise do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) através da Plataforma Brasil e foi aprovado sob o protocolo CAAE: 94820218.2.0000.5503 (ANEXO A)

Este estudo foi conduzido de acordo com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Todos os voluntários foram previamente esclarecidos e orientados sobre os procedimentos. Após aceitação plena, todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO B).

Ressaltando-se que a participação foi voluntária. A informação sobre o estudo foi dada tanto verbalmente quanto por escrito antecipadamente. Antes de entrar no estudo, os participantes dão consentimento informado para a participação no estudo. Os participantes tiveram a oportunidade de se retirar antes ou durante o estudo, e foram informados disso. Os dados pessoais identificáveis foram armazenados de forma segura de acordo com a Lei de Dados Pessoais. Após a conclusão do projeto, os dados identificáveis serão excluídos.

#### **5.6 Riscos e Benefícios**

Os riscos desta pesquisa, ainda que classificados como baixos, incluem constrangimento, dor durante o teste e queda durante a locomoção do paciente pelo local de pesquisa. No entanto, para minimizar a ocorrência dos riscos, os pesquisadores envolvidos nas pesquisas foram profissionais responsáveis, orientados a atuar com ética, respeito e compromisso com os voluntários. Para reduzir o risco de queda, o participante sempre foi acompanhado por dois

pesquisadores para dar suporte. E quanto a dor, os testes foram realizados com cautela e no limite de cada voluntário.

E como benefício, os voluntários tiveram a possibilidade de obter melhor conhecimento sobre a condição atual do TC e contribuição para o meio científico a cerca de um novo recurso para identificação de patologias inflamatórias.

## **5.7 Grupos do Estudo**

O presente estudo teve em sua composição o total de 28 sujeitos, divididos em dois grupos:

*Grupo Tendinopatia (GT):* n=13. Esses indivíduos eram portadores de tendinopatia do TC bilateral (n=7) ou unilateral (n=6).

*Grupo Controle (GC):* n=15. Os participantes deste grupo não possuíam tendinopatia do TC ou outras injúrias do sistema musculoesquelético nos membros inferiores.

## **5.8 Coleta de Dados**

A bateria de avaliações para cada voluntário ocorreu em um dia, em que eles passaram pela avaliação da termografia infravermelha, anamnese, exame de ultrassonografia e por testes físicos e funcionais, respectivamente nesta ordem, para que um teste ou exame não interferisse no outro.

A seguir, serão comentadas com mais detalhes sobre as avaliações realizadas.

### **5.8.1 Termografia Infravermelha**

Foram analisadas a temperatura da região do TC, com o objetivo de identificar padrões de alterações da temperatura.

A sala onde foram realizadas as avaliações com a termografia foi preparada seguindo o protocolo proposto por Al-Nakhli e colaboradores (2012), com o objetivo de padronizar o ambiente evitando possíveis vieses na aquisição das imagens.

O ambiente do exame termográfico teve temperatura ambiente controlada  $22 \pm 2$  °C. Os participantes foram instruídos a evitar banhos quentes, agentes tópicos

(como cremes), exercícios físicos e líquidos estimulantes (como por exemplo, cafeína, nicotina ou chocolate) durante as 24 horas anteriores à coleta de dados (SOUSA *et al.*, 2017).

Para a aquisição das imagens, inicialmente o voluntário ficou em repouso no mínimo 15 minutos (de 15 a 20 minutos) para se climatizar com a temperatura da sala. A posição de climatização do voluntário foi em decúbito ventral, com os pés levemente para fora da maca e com os membros inferiores relaxados (tornozelo em posição neutra). Todas os participantes foram instruídos a virem com uma vestimenta adequada, o qual a região da fossa poplíteia/joelho para baixo ficasse desnuda (região das pernas aos pés). No decorrer da coleta, os sujeitos foram orientados a não palpar a pele e evitar movimentos amplos do próprio corpo.

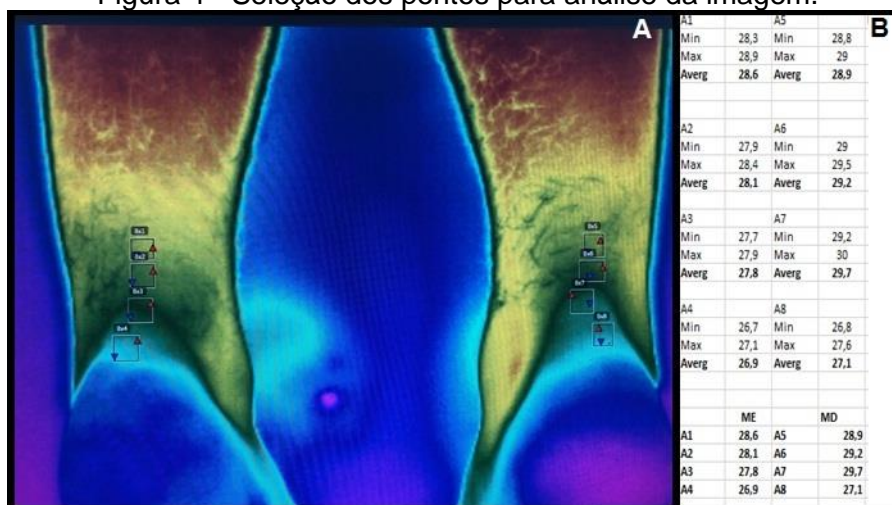
Durante este período de climatização, foi realizada a anamnese a respeito de informações pessoais, perguntas sobre os hábitos de vida e histórico ou não sobre a tendinopatia do TC.

Foi obtida uma imagem do membro inferior direito e uma do membro inferior esquerdo, inclusive no GT unilateral, por meio da câmera termográfica (ThermaCam FLIR S65HS<sup>®</sup>) com o foco da câmera posicionada para a região do TC com distância de 1 metro. As fotografias foram salvas no formato do próprio programa (.tiff). A lente de captação da câmera foi fixada a uma distância de um metro da região a ser analisada com um ângulo de 45°, ficando perpendicular à área de análise.

As imagens foram analisadas pelo software (ThermaCAM Researcher Pro 2.8 SR-1), na paleta de cores *Rain900*, padronizando a escala de temperatura de 18 a 32°C. Este software mostra ao usuário os resultados das imagens de forma rápida e eficiente, itens fundamentais para a pesquisa e uso clínico. Após a seleção da região, sendo 4 pontos no comprimento do TC do membro esquerdo e direito (total de 8 pontos), o software fornece temperatura mínima, máxima e a média para cada ponto selecionada, permitindo comparar cada região individualmente e obter uma temperatura média de toda estrutura estudada. E posteriormente foi realizada a análise estatística.

A figura 4 demonstra a metodologia da seleção dos pontos no comprimento do TC.

Figura 4 - Seleção dos pontos para análise da imagem.



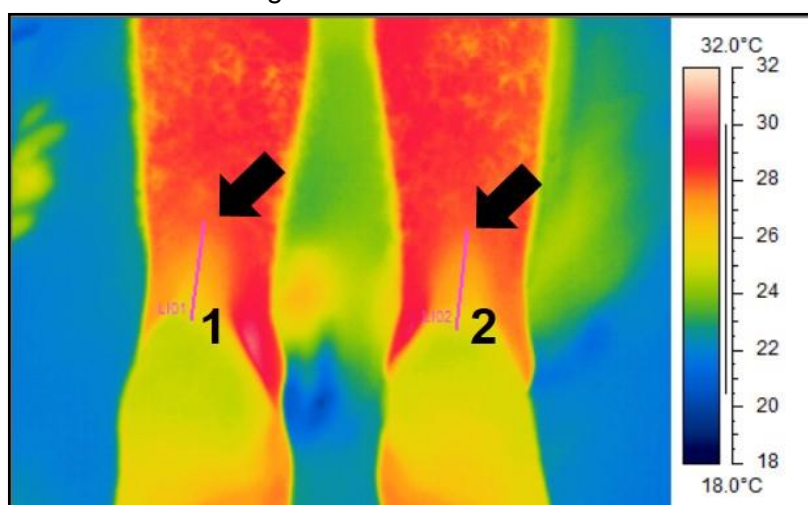
Legenda: A= demonstração de uma imagem da região do TC de um indivíduo do GC. Os quadrados representam os pontos selecionados para análise, sendo 4 pontos no comprimento do tendão do membro inferior esquerdo e 4 pontos do direito; B= dados que o software fornece de cada ponto: temperatura mínima, máxima e a média.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Além disso, foi verificada a linha isotérmica do TC como forma qualitativa de avaliação do padrão térmico. Para isso, foi traçada uma linha ao longo do TC, no sentido junção miotendínea-osso calcâneo. Como resultado, o software fornecia um gráfico de comportamento de temperatura. Foi padronizado que a linha 1 representaria o membro inferior esquerdo e a linha 2 o membro inferior direito.

Na figura 5, está demonstrada o método de avaliação da linha isotérmica.

Figura 5 - Linha Isotérmica.



Legenda: 1=Membro inferior esquerdo. 2= Membro inferior direito. As setas apontam para o traçado da linha isotérmica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### 5.8.2 Ultrassom de Imagem

Também para a coleta das imagens de ultrassom foi utilizada uma sala com a luminosidade reduzida, mas com a intenção de facilitar a visualização durante a captação do que interferência do aparelho com a luz do ambiente.

Para a avaliação estrutural das disposições das fibras, limites do tendão, presença ou ausência de edema, calcificação e irrigação intratendínea, utilizou-se o aparelho de ultrassom portátil (Mindray M6<sup>®</sup>), com tela de 19", que foi operado nos Modos B, Color e Doppler com imagens de alta definição, resolução CrossXBeam e imagens harmônicas codificadas. Foi utilizado um transdutor/*probe* linear (L14-6NS) com ajuste para a frequência 12MHz e gel condutor a base de água com meio de contato e assim visualizar as estruturas com maior clareza. O aparelho possui uma função que possibilita a medição precisa e escalonada em milímetros.

A posição de coleta foi idêntica à avaliação da termografia, com o voluntário deitado em decúbito ventral, com os pés levemente para fora da maca e com os membros inferiores relaxados (tornozelo em posição neutra).

O manuseio do US e avaliação das imagens foram realizados por duas fisioterapeutas, previamente treinadas por profissionais habilitados, pertencentes ao grupo de pesquisa do Departamento de Fisioterapia da *University of Bergen* (Norway).

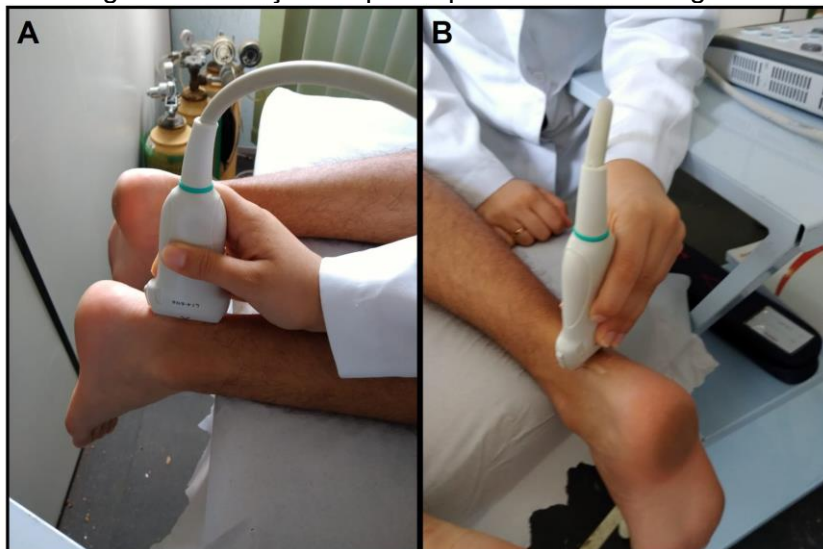
Primeiramente foi realizado o cadastro do participante no sistema do aparelho e depois, foram coletadas imagens de ambos os membros, no corte longitudinal e transversal. Padronizou-se a superfície do osso calcâneo como ponto de referência, em que deveria estar presente no lado esquerdo da tela. A marcação de referência na *probe* (figura 6) seguia o padrão de ser direcionada ao osso calcâneo e virada para cima para obter a imagem no corte longitudinal (figura 7A) e as imagens no corte transversal, o ponto de referência era voltado para a parte medial do voluntário (figura 7B). Cada imagem foi nomeada de acordo o lado do membro e realizadas medidas do comprimento e espessura, função presente no próprio aparelho (HASLERUD *et al.*, 2017).

Figura 6 - Ponto de referência da *probe* para orientação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 7 - Posição da *probe* para coleta da imagem.



Legenda: A= Eixo longitudinal (ponto de referência voltado para o osso calcâneo); B= Eixo transversal (ponto de referência sentido linha mediana do participante).

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Considerou-se para a estatística a medida da espessura no corte longitudinal, ausência ou presença de edema em ambos os cortes, ausência ou presença de irrigação intratendínea no corte transversal com modo PW ativado (Doppler), e levou-se em consideração para análise de outros achados ultrassonográficos (irregularidade das fibras ou borda do tendão e calcificação) o corte transversal e longitudinal. As imagens foram salvas em formato JPEG, transferidas para um computador através de um *pendrive* USB, as quais foram salvas em um computador e analisadas com cautela.

### 5.8.3 Dor Referida

Devido a importância da avaliação da intensidade da dor, foi determinada a aplicação de escalas, mesmo tendo característica subjetiva, as escalas aproximam a percepção do doente e a do avaliador. A escala utilizada neste trabalho, foi uma adaptação com as escalas EVA (Escala Visual Analógica), NRS (*Numeric Rating Scale*) e escala de faces. Todas unidimensionais, largamente utilizadas em pesquisas e atendimentos dos voluntários. Essa adaptação demonstrou facilidade em aplicabilidade e entendimento por parte dos participantes avaliados (YOUNGER; MCCUE; MACKEY, 2009).

Trata-se de uma linha com as extremidades numeradas de 0-10, subdividida em Leve, Moderada e Intensa, a cada 2 a 3 números o desenho de uma mímica representada em cada face simbolizando o estado do participante em relação a sua dor, sendo “Sem dor” um estado de felicidade e a expressão de extrema tristeza classificada como “Dor máxima”. Pede-se, então, para que o participante avalie e indique o número que representa a sua dor naquele momento. A escala está representada na figura 8. Esta escala foi apresentada ao participante durante o repouso inicial para a avaliação termográfica.



Fonte: Hospital de Base (2019).

#### **5.8.4 Crepitação, Espessura e Ternura (sensibilidade) à Palpação**

A degeneração das fibras do tecido conjuntivo, devido ao processo inflamatório, causa hiperemia, espessamento na área com a infiltração de células inflamatórias e o exsudato fibrinoso envolvendo o tendão e causa crepitação (estalido). Na inflamação crônica, as fibras lesionadas podem calcificar devido a constante tentativa de cicatrização. Com os depósitos de cálcio nas lesões há perda do tecido conjuntivo e da elasticidade e causar dor sensibilidade (ternura) à palpação (KHAN *et al.*, 1999; VIEIRA *et al.*, 2010; MASCI *et al.*, 2016).

Na avaliação, realizamos a mensuração dos sinais de espessamento, crepitação e maciez por meio da palpação do tendão com o voluntário deitado em decúbito ventral, com os joelhos estendidos e os tornozelos nas posições neutra para os movimentos de flexão plantar e dorsiflexão.

O resultado era considerado positivo para crepitação se apresentasse o estalido durante o movimento; positivo para espessamento se observasse aumento da espessura e alteração da textura; positivo para ternura se o tendão apresentar sensibilidade à palpação.

#### **5.8.5 Sinal do Arco**

O teste do Sinal do arco é realizado para verificar se há tendinopatia do tendão do TC. A posição de avaliação foi com o voluntário deitado em decúbito ventral, com os joelhos estendidos e os tornozelos livres.

Foi solicitado ao participante para que realizasse a dorsiflexão do tornozelo, avaliando se um arco se formaria, e posteriormente foi solicitado o movimento de dorsiflexão e flexão plantar, o qual o ventre do tendão era palpado para verificar a presença de edema (MAFFULLI *et al.*, 2003). O resultado era considerado positivo quando havia presença deste sinal.

### **5.8.6 Test Hospital Royal London**

Este teste é realizado para verificar se há sensibilidade do tendão do TC. A posição de avaliação foi com o voluntário deitado em decúbito ventral, com os joelhos estendidos e os tornozelos livres.

Foi solicitado ao sujeito o movimento de dorsiflexão e flexão plantar máxima do tornozelo. Durante a realização, é questionado ao voluntário se houve dor. O teste é positivo na presença de dor (MAFFULLI *et al.*, 2003).

### **5.8.7 Dorsiflexão Passiva com a Articulação do Joelho em Flexão**

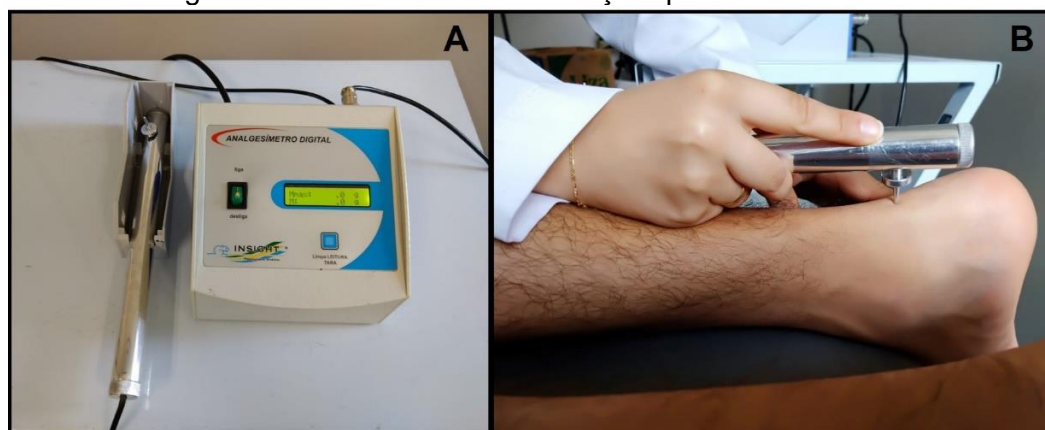
Este é outro teste realizado para verificar se há sensibilidade do tendão do TC. A posição de avaliação foi com o voluntário deitado em decúbito ventral, com os joelhos flexionados a 90° e tornozelos livres. Neste teste, como o próprio nome sugere, o movimento de dorsiflexão e flexão plantar é realizado pelo fisioterapeuta, enquanto o participante mantém o joelho flexionado. É avaliado se o sujeito sentiu dor ou não durante a execução do teste, indicando a sensibilidade da estrutura.

### **5.8.8 Algometria**

Para mensuração da sensibilidade de forma quantitativa (algometria do limiar de dor), foi utilizado o equipamento Analgesímetro Digital do tipo Von Frey (EFF 301, INSIGHT). Para essa avaliação, o paciente estava deitado em decúbito ventral, com o tornozelo em posição neutra. Realizou-se uma pressão com a ponteira do sensor na região onde normalmente o paciente sente dor. O participante foi instruído a sinalizar com a mão ou falar a palavra “PARE” para os terapeutas, assim que começasse a sentir dor no local onde estava sendo feita a pressão (SAEBØ *et al.*, 2019).

Ao sinalizar a sensação de dor, o pressionamento da ponteira com sensor foi interrompido e o valor representado no visor do equipamento foi anotado. Este procedimento foi realizado 3 vezes ao redor da região dolorida. Na figura 9 está demonstrado o procedimento citado.

Figura 9 - Procedimento de avaliação quantitativa da dor.



Legenda: A= Equipamento Analgesímetro Digital (EFF 301, INSIGHT); B= Posição de coleta de dados, realizando pressão no TC do voluntário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### **5.8.9 Levantamento do Calcânhar de uma Perna (Teste da Ponta dos Pés)**

O teste é utilizado para avaliar a integridade dos tendões calcâneo, muscular e a capacidade neuromuscular de se erguer na ponta dos pés. O participante pode estar em apoio bipodálico ou unipodálico, mas neste estudo, optou-se em avaliar apenas na posição unipodal. O resultado esperado para a manobra consiste em se obter a elevação suave e simétrica dos calcânes, acompanhada de variação progressiva do ante pé à medida que aumenta sua elevação em relação ao solo e participante não relatar dor (NERY; SOUZA; MIRANDA, 2017).

Foi solicitado ao voluntário que o mesmo assumisse a posição unipodal, com apoio apenas do ante pé (apoio sobre as cabeças dos metatarsos), podendo apoiar as mãos na maca apenas para auxílio do equilíbrio. Neste momento, o terapeuta observava se havia presença de dor na região do TC e instabilidade. Na presença de dor, o teste foi determinado positivo.

### **5.8.10 Salto de Uma Perna (Single Leg Hop Test)**

Para avaliação funcional, foi realizado o teste de salto de uma perna (*Single Leg Hop Test*). Para realização do teste o participante foi instruído a manter-se em pé sobre uma perna, realizar uma leve flexão do joelho, entrelaçar as mãos e saltar em distância, paralelo a uma fita métrica presa ao chão. A aterrissagem do salto foi

com o mesmo membro (DAMS *et al.*, 2019). Foi realizado o teste com o membro inferior esquerdo e direito.

Foi medido qual a distância que o participante conseguiu saltar, local em que o hálux do participante atingiu, e quando possível, realizaram-se outros dois saltos seguindo as mesmas orientações. Na figura 10 está demonstrado o teste de salto.

Figura 10 - Teste Salto de uma Perna.



Legenda: A= Fase de impulso; B= Fase aérea; C= Fase de aterrissagem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 5.9 Análise dos dados

Os resultados foram tabulados no software Microsoft Office Excel 2010<sup>®</sup>, onde dados foram expressos em média e desvio padrão.

A análise dos resultados foi realizada com o programa GraphPad Prism 5.0<sup>®</sup>, onde foi feito o tratamento estatístico utilizado o teste *t student* para a comparação entre os dois grupos analisados (GT vs GC), considerado estatisticamente significativo às comparações com  $p \leq 0,05$ .

## 6 RESULTADOS

Este estudo foi composto por 28 indivíduos no total. Divididos entre dois grupos: GC (26,8 anos $\pm$ 8,93) e GT (57,23 anos $\pm$ 9,42). A tabela 2 demonstra as características dos grupos:

Tabela 2 - Características dos grupos do estudo.

<b>Grupo</b>	<b>Participantes</b>	<b>Tipo de Tendinopatia</b>	<b>Gênero</b>
<b>Controle</b>	n=15 (30 TC)	--	Mulheres: 10 Homens: 5
<b>Tendinopatia</b>	n=13 (26 TC)	-Unilateral no MID: 4 (8 TC) -Unilateral no MIE: 2 (4 TC) -Bilateral: 7 (14 TC)	Mulheres:4 Homens: 9

TC= Tendão do calcâneo; MID= Membro inferior direito; MIE= Membro inferior esquerdo.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

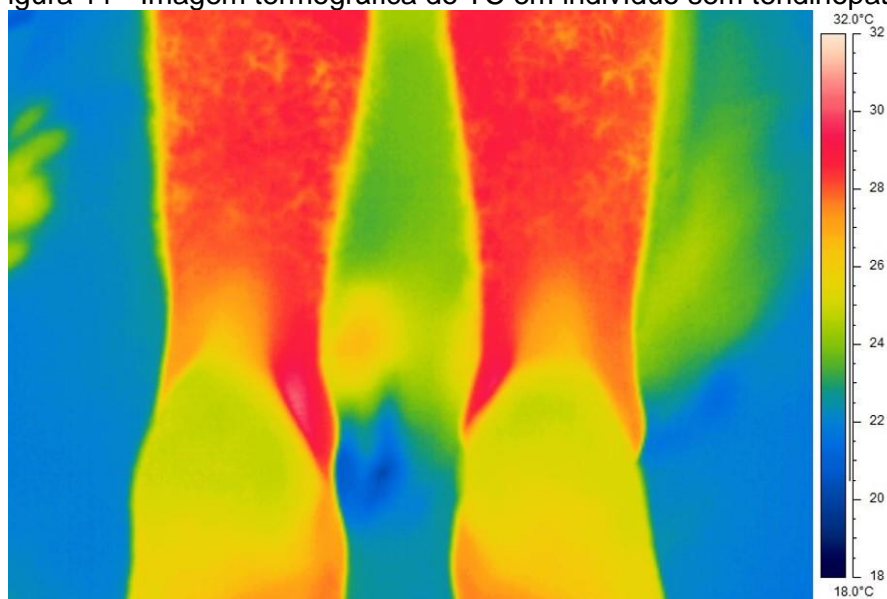
Os resultados serão apresentados em tópicos e na ordem da metodologia para melhor compreensão.

### ***Exame de imagem: Câmera termográfica por infravermelho***

As imagens obtidas por meio da câmera termográfica foram obtidas em variações de tons de cinza. Mas por meio do software de coleta e análise foi possível variar os tons, de acordo com a paleta de cores escolhida.

A figura 11 é a foto retirada do TC de um indivíduo saudável (sem tendinopatia do TC). Quanto mais próximo do tom branco, mais quente, e o tom azul escuro remete às menores temperaturas. Percebe-se nesta imagem, semelhança entre as cores de temperatura na região do TC.

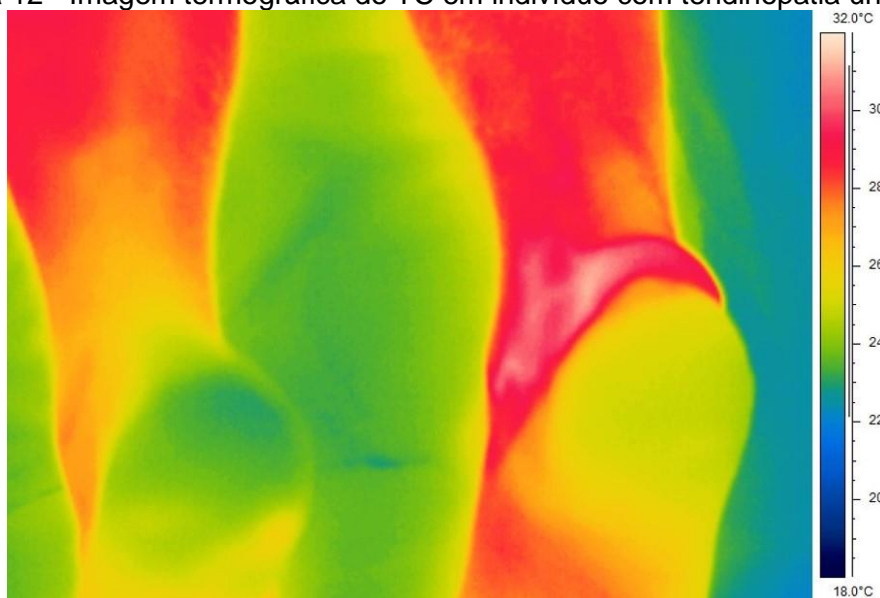
Figura 11 - Imagem termográfica do TC em indivíduo sem tendinopatia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Na figura 12, a imagem do TC é de um participante do grupo tendinopatia unilateral. É evidente a diferença de temperatura entre membros na região do TC.

Figura 12 - Imagem termográfica do TC em indivíduo com tendinopatia unilateral.

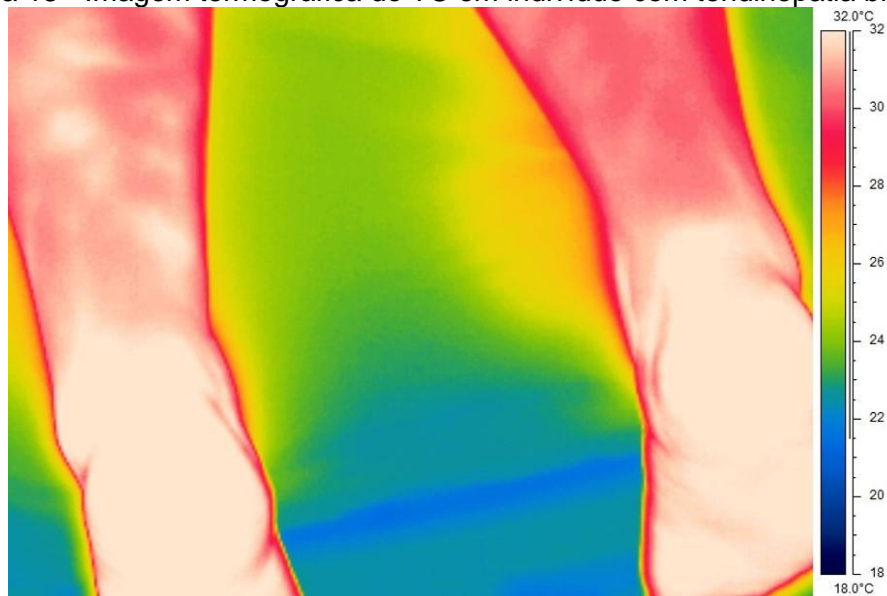


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Assim como nas imagens de ultrassonografia, a tendinopatia bilateral também possui um padrão de assimetria entre os membros. Na figura 13, nota-se essa

alteração, em que mesmo sendo bilateral, ambos os lados possuem temperatura elevada e ainda há diferença da distribuição de calor entre um membro e outro.

Figura 13 - Imagem termográfica do TC em indivíduo com tendinopatia bilateral.

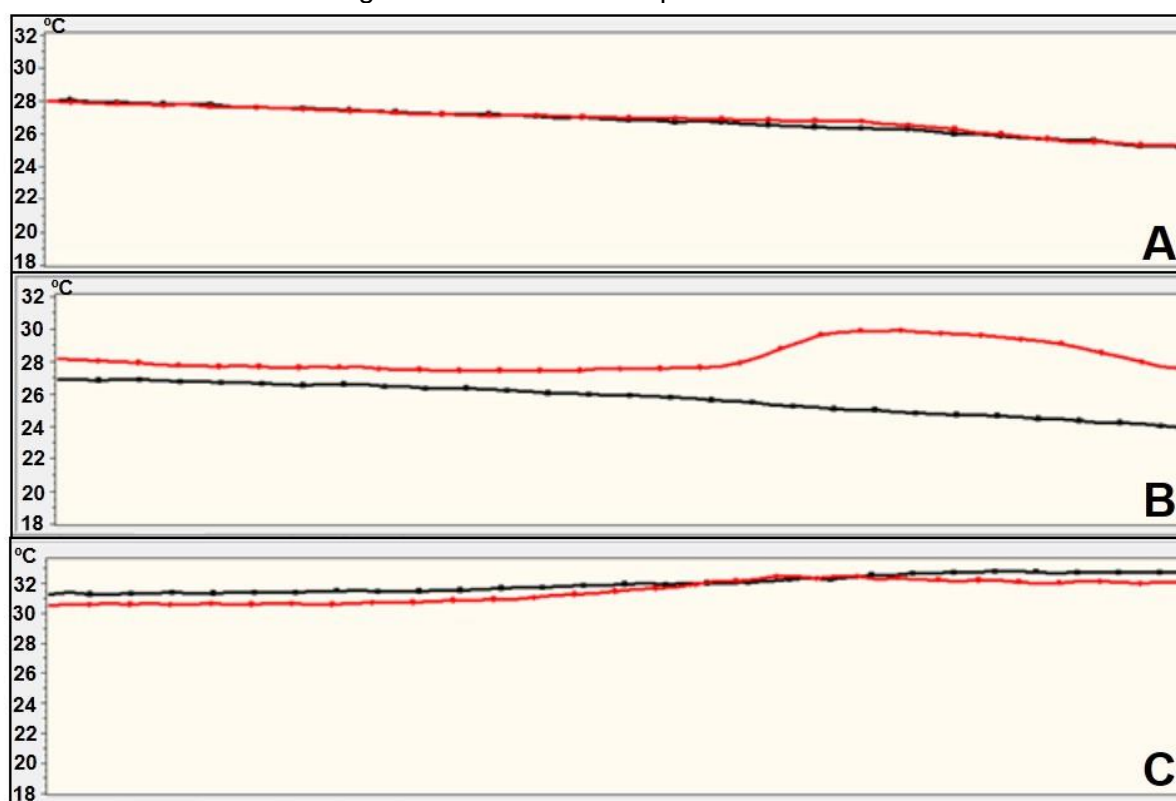


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Também foi traçado o perfil isotérmico ao longo do tendão. A figura 14 representa os gráficos gerados a partir de uma opção que o software fornece, que foi traçado uma linha no TC - na direção miotendínea ao osso calcâneo.

Nota-se que no gráfico A da figura 14 (indivíduo do GC), a tendência de temperatura é decrescente (quanto mais próximo ao osso calcâneo, mais frio). Já no gráfico B (indivíduo com tendinite unilateral), o lado comprometido tem uma tendência de elevação da temperatura próxima a inserção do TC e ainda se mantém quente quando comparado ao lado contralateral. E por último, o gráfico C (indivíduo com tendinopatia bilateral), observa-se que a temperatura da região do TC é mais elevada (inclusive desde o início) em ambos os membros quando comparada com a temperatura dos gráficos A e B. Além disso, nota-se um leve aumento da temperatura no terço final do gráfico C, em que a temperatura se mantém mais alta, mesmo próxima ao osso calcâneo.

Figura 14 - Curva de temperatura do TC.

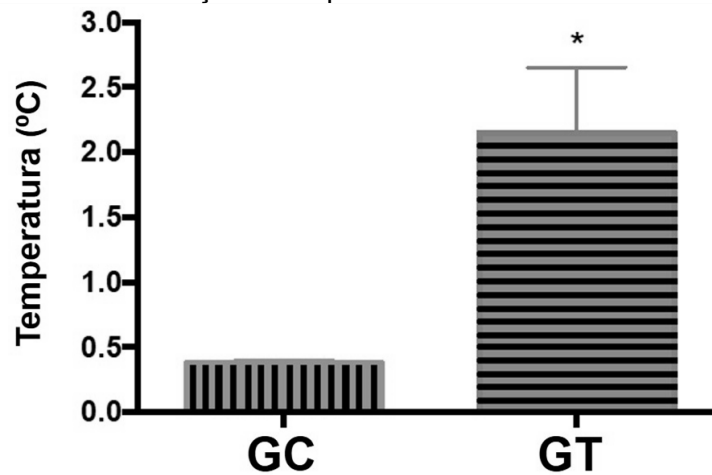


Legenda: A= Curva de temperatura de um sujeito do GC; B= Curva de temperatura de um indivíduo do GT, com tendinopatia unilateral; C= Curva de temperatura de um indivíduo do GT, com tendinopatia bilateral. Linha preta representa o membro inferior esquerdo e linha vermelha representa o membro inferior direito.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A seguir, será demonstrado o resultado quantitativo (figura 15) referente termografia por infravermelho, em que foi demonstrado que a diferença de temperatura entre os membros do GC foi de  $0,38^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,02$ ), e no GT a média foi de  $2,15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,5$ ), (com variação de 1 a  $5,1^{\circ}\text{C}$ ).

Figura 15 - Diferença de temperatura do TC entre os membros.



Legenda: Diferença entre temperatura da região do TC. Os valores são representados pelos valores médios e as barras de erro representam o desvio padrão. Grupo controle: GC ( $n=15$ ) e Grupo Tendinopatia: GT ( $n=13$ ). \*  $p < 0,05$  GT vs GC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### ***Exame de imagem: Ultrassom***

Para avaliar a parte estrutural do tendão, foi utilizado o recurso do ultrassom de diagnóstico. Nas imagens, foi verificado a morfologia, espessura, presença ou ausência de edema e circulação intratendínea nos tendões. Na tabela 3 está demonstrado os resultados quanto a presença ou ausência de edema, irregularidade da delimitação do tendão e circulação intratendínea. O número de amostras ( $n$ ) estão relacionados a quantidade de tendões e não de participantes.

Tabela 3 - Exame de ultrassonografia.

	Grupo Controle		Grupo Tendinopatia					
			Unilateral D		Unilateral E		Bilateral	
	+	-	+	-	+	-	+	-
<b>Edema</b>	0	100%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	78,57%	21,43%
		n=30	n=4	n=4	n=2	n=2	n=11	n=3
<b>Irregularidade</b>	0	100%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%
		n=30	n=2	n=2	n=2	n=2	n=7	n=7
<b>Circulação intratendínea</b>	0	100%	25,00%	75,00%	0%	100%	21,43%	78,57%
		n=30	n=2	n=6		n=4	n=3	n=11
<b>Calcificação</b>	0	100%	0	100%	0	100%	7,14%	92,86%
		n=30		n=30		n=30	n=1	n=13

Legenda: + = Presença; - = ausência; D = membro inferior direito; E = membro inferior esquerdo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A figura 16 demonstra a imagem do TC, no corte longitudinal de diferentes voluntários do estudo. Observa-se a diferença na disposição das fibras do tendão. As imagens 16A e 16B representam o TC sem a tendinopatia, entretanto, a figura 16B é a imagem do TC de um voluntário atleta (corredor), que mesmo com o aumento da espessura quando comparado ao 16A, as fibras e bordas estão regulares. O tendão com tendinopatia (16C), além de não ter as fibras dispostas em sua maioria paralelamente, os limites são irregulares.

Figura 16 - Tendão do Calcâneo- vista longitudinal.



Legenda: A= TC de um indivíduo do grupo controle e sedentário; B= TC de um indivíduo do grupo controle e atleta; C= TC com tendinopatia. As setas apontam para os limites do TC.  
 Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Na figura 17 está demonstrado o TC de um participante do grupo controle. A espessura do tendão é simétrica (lado direito = 0,3 cm e lado esquerdo = 0,33). Já a figura 18 remete ao TC de um voluntário do grupo tendinopatia unilateral no membro inferior direito. Nota-se a assimetria da espessura do tendão.

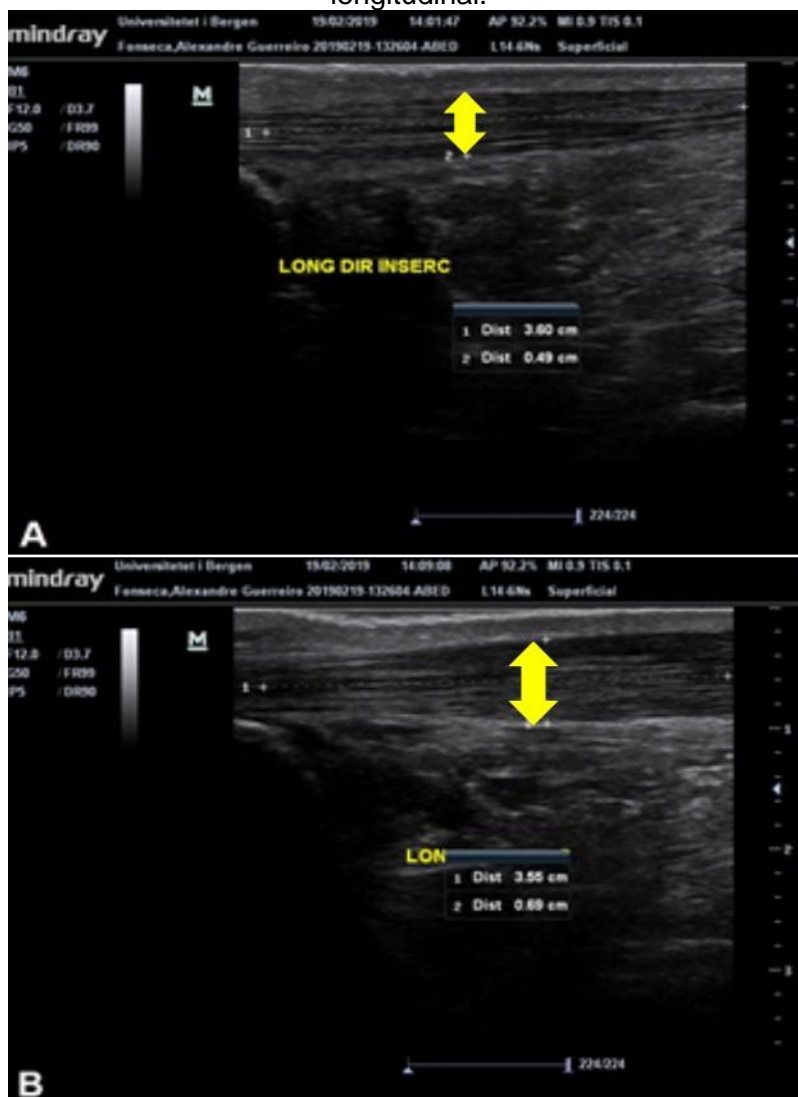
Figura 17 - Tendão do Calcâneo de um participante do grupo controle – vista longitudinal.



Legenda: A= Membro inferior direito (espessura de 0,3 cm); B= Membro inferior esquerdo (espessura de 0,33 cm). As setas apontam para as bordas superiores e inferiores, representando o comprimento da espessura do TC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 18 - Tendão do Calcâneo de um participante do grupo tendinopatia (unilateral) - vista longitudinal.



Legenda: A= Membro inferior direito (espessura de 0,49 cm); B= Membro inferior esquerdo (espessura de 0,69 cm). As setas apontam para as bordas superiores e inferiores, representando o comprimento da espessura do TC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Ainda, no tendão do mesmo participante da figura 16, mas agora em no corte transversal (figura 19), observa-se a presença de irrigação intratendínea e peritendínea (pontos arredondados, apontados por setas largas) e edema (regiões hipoecóicas, apontados por setas finas).

Figura 19 - Presença de edema e irrigação intratendínea no TC com tendinopatia - vista transversal.

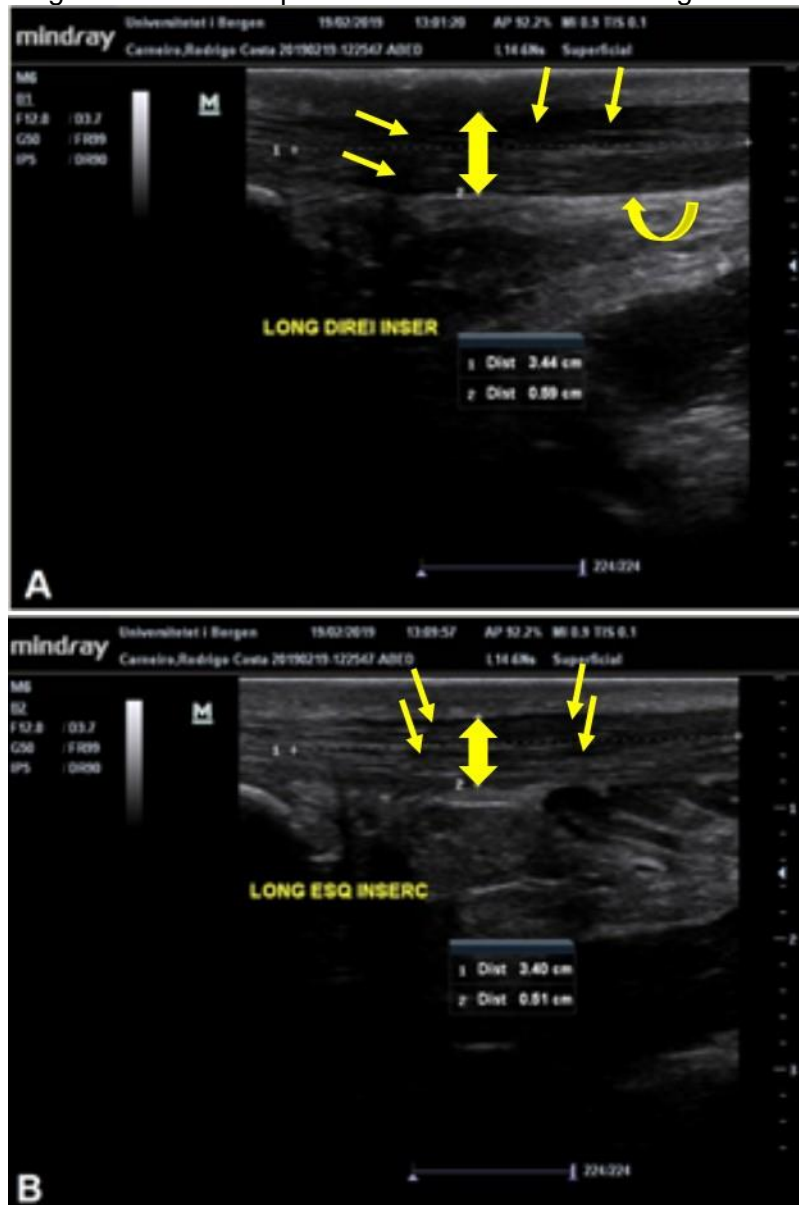


Legenda: Setas largas representam irrigação intratendínea e peritendínea e setas finas apontam para o local de edema.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A figura 20 é a imagem obtida do TC de um participante do GT (bilateral). Observa-se que mesmo na presença de tendinopatia em ambos os membros, é notável a assimetria da espessura entre os tendões (representada pelas setas para cima e para baixo, além dos feixes desorganizados do tendão, irregularidade das bordas (inclusive abaulamento, representado pela seta em curva) e presença de edema (região hipocóica, representada pelas setas finas).

Figura 20 - Tendinopatia bilateral do TC - vista longitudinal.

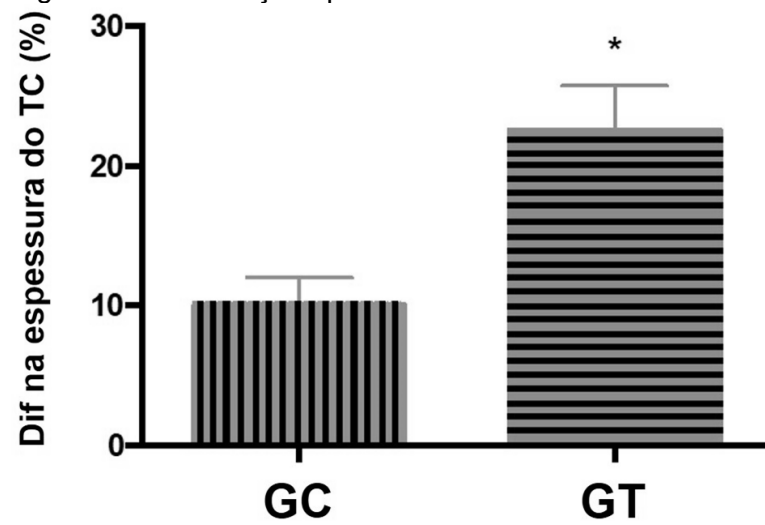


Legenda: A= Membro inferior direito; B= Membro inferior esquerdo. As setas para cima e para baixo apontam para as bordas superiores e inferiores, representando o comprimento da espessura do TC; A seta em curva aponta para o abaulamento do limite inferior do TC; a seta fina aponta para pontos de edema (regiões hipoecóicas).

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A figura 21 representa o resultado em forma de gráfico da diferença da espessura (imagem obtida no eixo longitudinal) do TC entre os membros. A diferença entre os membros do GT foi superior a 20%, sendo estatisticamente significativa.

Figura 21 - Diferença espessura do TC entre os membros.

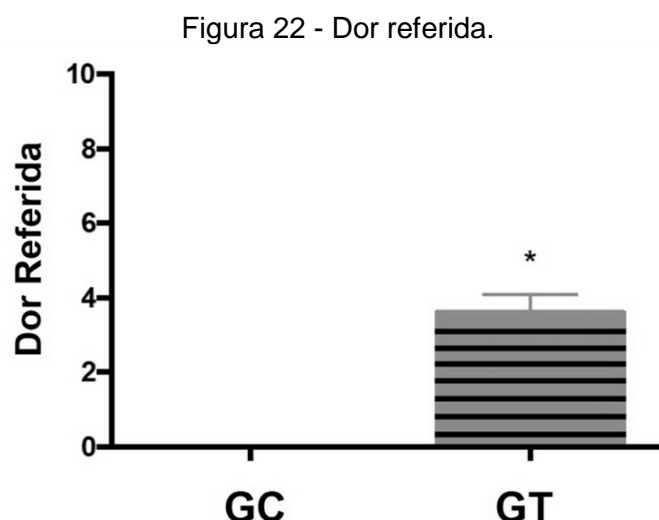


Legenda: Diferença entre espessura do TC. Os valores são representados pelos valores médios e as barras de erro representam o desvio padrão. Dif: diferença; Grupo controle: GC ( $n=15$ ) e Grupo Tendinopatia: GT ( $n=13$ ). \*  $p < 0,05$  GT vs GC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### **Dor referida**

A figura 22 representa o gráfico dos resultados relacionados a dor referida pelos participantes da pesquisa pela escala visual de dor, em repouso no momento da avaliação. Observa-se que a dor referida dos voluntários do GT é maior que do GC (dor=zero), com diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ).



Legenda: Dor referida. Os dados foram coletados em repouso. Os valores são representados pelos valores médios e as barras de erro representam o desvio padrão, Grupo controle: GC ( $n=15$ ) e Grupo Tendinopatia: GT ( $n=13$ ). \*  $p < 0,05$  GT vs GC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### **Testes à palpação: Crepitação, espessura e sensibilidade**

Na tabela 4, estão representados os resultados dos testes. Por se tratar de respostas positivo ou negativo, os dados foram apresentados em percentual.

Tabela 4 - Dados dos testes crepitação, espessura e sensibilidade à palpação.

	Grupo Controle		Grupo Tendinopatia					
	+	-	Unilateral D		Unilateral E		Bilateral	
			+	-	+	-	+	-
<b>Crepitação</b>	6,67% <sup>#</sup>	93,33%	0	100%	0	100%	60,00%	40%
<b>Tendão Espesso</b>	6,67%*	93,33%	0	100%	0%	100%	70%	30%
<b>Sensibilidade</b>	0	100%	75,00%	25,00%	50%	50%	30%	70%

+ = teste com resultado positivo; - = teste com resultado negativo.

<sup>#</sup> = Crepitação presente em um voluntário, em apenas um TC (lado esquerdo).

\* = Espessamento presente em um voluntário, em ambos os TC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Testes clínicos: Sinal do arco, Test Hospital Royal London, Dorsiflexão Passiva com a Articulação do Joelho em Flexão, Levantamento do Calcânhar de uma Perna**

Também apresentados em tabela (tabela 5), os resultados dos testes foram representados em percentual por se tratarem de respostas qualitativas: Positivo ou negativo.

Tabela 5 - Resultados dos testes clínicos.

	Grupo Controle		Grupo Tendinopatia					
	+	-	Unilateral D		Unilateral E		Bilateral	
			+	-	+	-	+	-
<b>Sinal do arco</b>	0	100%	0	100%	0	100%	41,67%	58,33%
<b>Test Hospital Royal London</b>	0	100%	100%	0	100%	0	25%	75%
<b>Dorsiflexão passiva com a articulação do joelho em Flexão</b>	0	100%	25%	75%	50%	50%	33,33%	66,67%
<b>Levantamento do Calcânhar de uma Perna 1cm</b>	0	100%	50%	50%	0	100%	30%	70%
<b>Levantamento do Calcânhar de uma Perna 2cm</b>	0	100%	75%	25%	100%	0	40%	60%

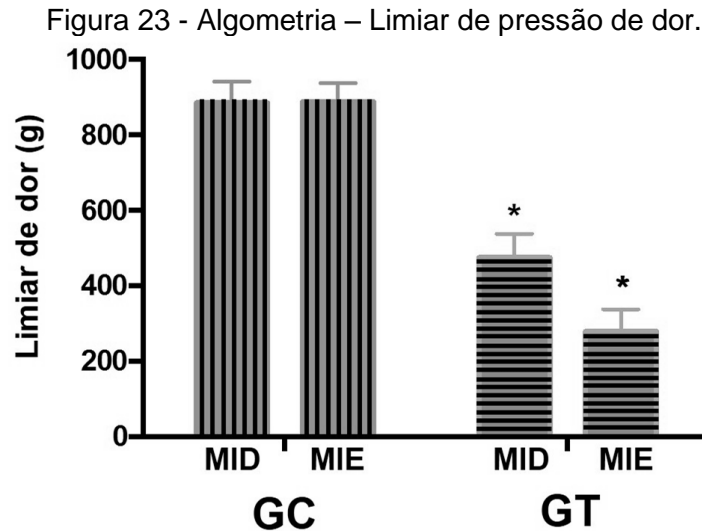
+ = teste com resultado positivo; - = teste com resultado negativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Dor quantitativa (Algotmetria do Limiar de pressão de dor)**

O gráfico da figura 23 representa os resultados da algometria do limiar de pressão de dor, mensurados por meio de um analgesímetro digital. Foram realizadas três coletas de cada membro. Ressaltando que o valor anotado foi referente a primeira sensação de dor, não foi verificado a resistência à sensação dolorosa. Portanto, foi avaliado o limiar de dor inicial, relacionando o quanto de pressão foi necessária para gerar dor local. Nota-se que foi necessário realizar maior pressão para os voluntários do GC relatarem dor quando comparado ao GT, em que a sensação de algia iniciou com menores pressões, demonstrando que os voluntários do GT possuem baixo limiar à dor quando comparados aos voluntários do GC.

O baixo limiar de dor em ambos os membros dos sujeitos do GT também indica que o lado contralateral ao membro afetado possui sensibilidade alterada. Também foi possível observar que o limiar de dor entre os membros dos sujeitos do GC foi semelhante, demonstrando que não alterações entre membros no GC.



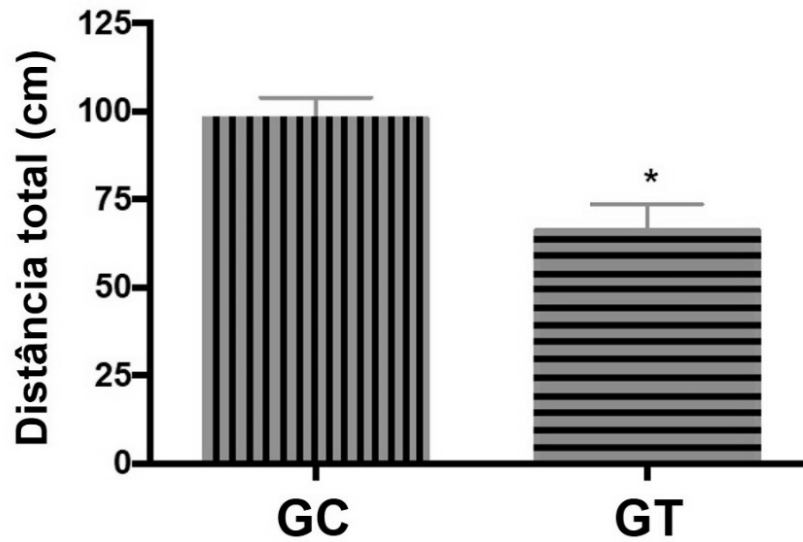
Legenda: Limiar de dor. Os dados foram coletados em repouso. Os valores são representados pelos valores médios e as barras de erro representam o desvio padrão. Membro inferior direito: MID; Membro inferior esquerdo: MIE; Grupo controle: GC ( $n=15$ ) e Grupo Tendinopatia: GT ( $n=13$ ). Foi comparado o GT (MID) vs GC (MID) e GT (MIE) vs GC (MIE). \*  $p < 0,05$

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### **Teste Funcional: Salto de Uma Perna (Single Leg Hop Test)**

Para avaliar a funcionalidade dos participantes, foi realizado o teste de salto. No gráfico da figura 24 está demonstrado a média da capacidade de distância de salto dos voluntários. O salto foi realizado unipodal, repetido três vezes, quando possível (pois as vezes o movimento foi muito doloroso ao participante e o impossibilitou de repetir), do lado esquerdo e direito. A distância do GT foi estatisticamente menor do que no GC. E na figura 25, está representado o gráfico do mesmo teste, porém, focando na diferença da distância do salto entre os membros, em que essa diferença foi maior no GT, indicando maior prejuízo funcional

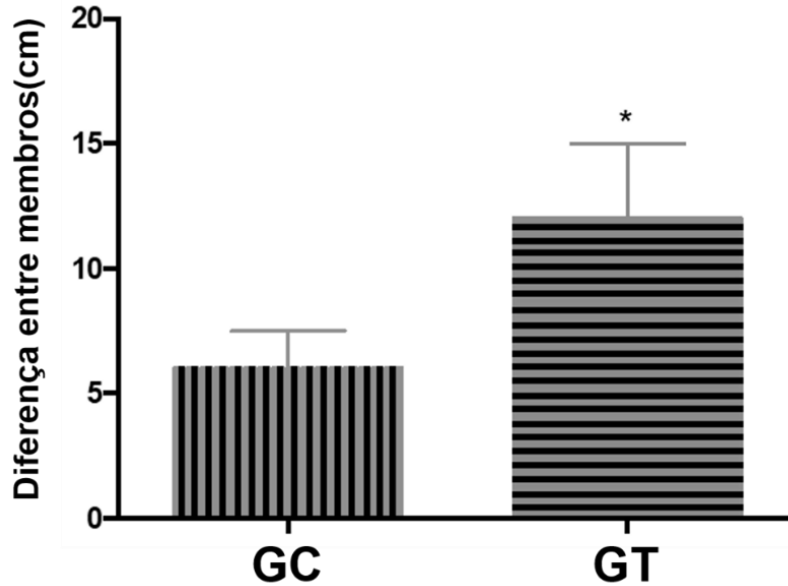
Figura 24 - Single Leg Hop Test.



Legenda: Distância do teste de salto. Os valores são representados pelos valores médios e as barras de erro representam o desvio padrão, Grupo controle: GC ( $n=15$ ) e Grupo Tendinopatia: GT ( $n=13$ ). \*  $p < 0,05$  GT vs GC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 25 - Single Leg Hop Test – Diferença da distância entre os membros.



Legenda: Diferença entre a distância do salto. Os valores são representados pelos valores médios e as barras de erro representam o desvio padrão, Grupo controle: GC ( $n=15$ ) e Grupo Tendinopatia: GT ( $n=13$ ). \*  $p < 0,05$  GT vs GC.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 7 DISCUSSÃO

Para demonstrar que os achados das imagens termográficas corroboram com os sinais cardinais típicos da inflamação (como dor, edema, calor e perda de função) foram utilizados nesse trabalho para comparação testes e exames de imagem convencionais para o diagnóstico de tendinopatia do TC, citados na metodologia.

Desse modo, foi realizado um estudo transversal com o objetivo de identificar padrões em dois grupos com características distintas. O GC foi composto por indivíduos (n=15) sem diagnóstico de tendinopatia e o GT (n=13) formado por sujeitos com o diagnóstico de tendinopatia do TC (no mínimo 3 meses).

Ao longo da exposição dos resultados, observa-se que as imagens termográficas e o desfecho dos testes clínicos e funcionais demonstraram que os participantes do GC tinham o TC saudável, isentos de alterações que indicassem patologia.

Em contrapartida, os sujeitos do GT apresentaram resultados favoráveis a tendinopatia, como espessamento do tendão, diferença de espessura entre membros, presença de edema e irrigação intratendínea, irregularidades das bordas e da disposição das fibras do TC, dor local, baixo limiar de dor, limitação funcional e aumento da temperatura na região do TC.

Para traçar o perfil termográfico de normalidade, avaliou-se a diferença de temperatura do TC entre os membros direito e esquerdo em indivíduos sem tendinopatia. A diferença média de temperatura entre os membros dos indivíduos do CG foi de  $0,38^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,02$ ). Este valor corrobora com alguns trabalhos da literatura (ZHU; XIN, 1999; TUMILTY et al., 2019) que avaliaram a simetria de temperatura de indivíduos saudáveis.

Zhu e Xin (1999) relataram uma diferença contralateral média de  $0,5^{\circ}\text{C}$  nas temperaturas da pele sobre o calcanhar. Em outro estudo mais recente, realizado por Tumilty *et al.* (2019), foi demonstrado um resultado similar, em que os autores avaliaram o perfil térmico da região do TC de atletas durante um temporada de *cross country* e a diferença entre membros foi de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , ressaltando que esses atletas não tinham lesões prévias no TC e não relataram dor na região antes, durante e após a temporada.

O estudo da simetria térmica bilateral das regiões de interesse é importante, pois o ser humano é endotérmico e formado por formas bilaterais e com características semelhantes. Quando a temperatura média das regiões anatômicas correspondentes é parecida, indica um estado térmico normal (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003; VARDASCA *et al.*, 2012; MROWKA; REUTER, 2016), possivelmente ausente de doenças, uma vez que, tanto o aumento quanto a diminuição da temperatura indicam a presença de doenças, como por exemplo, as inflamatórias (LAHIRI *et al.*, 2012; KIM, 2019) e de má perfusão periférica (SIVANANDAM *et al.*, 2012), respectivamente.

A termorregulação é um mecanismo essencial para o funcionamento ideal do organismo (MROWKA; REUTER, 2016). A dinâmica da distribuição da temperatura da superfície é influenciada por vários fatores, como fluxo sanguíneo, sensores térmicos, o sistema nervoso central e o periférico (LAHIRI *et al.*, 2012; CHUDECKA; LUBKOWSKA; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, 2014; NEVES *et al.*, 2017).

A termografia é uma ferramenta eficaz para monitorar os processos de termorregulação. Este recurso, baseia-se na homeostasia térmica, o qual mecanismos do organismo buscam padrões de normalidade. Qualquer alteração de temperatura pode ser indicativo de que algum sistema está em desequilíbrio. Normalmente, o aumento anormal da temperatura significa que existe maior circulação local que pode ser devido a um processo algico ou inflamatório (LAHIRI *et al.*, 2012; CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

Para confirmar a presença da tendinopatia no TC dos indivíduos do GT, além do diagnóstico médico foram realizadas avaliações com o ultrassom de imagem, testes clínicos e testes funcionais, avaliação da sensibilidade (dor referida e limiar de pressão de dor) e termografia por infravermelho para verificar esta doença inflamatória.

Foi observado que os voluntários do GT apresentaram alterações nas imagens de ultrassom, demonstrando a presença de edema, irregularidade das bordas, circulação intratendínea e calcificação. Além disso, foi avaliada a diferença de espessura do TC entre membros, em que no GT essa diferença foi de cerca de 22%.

Kharate e Chance-Larsen (2012) relataram em seu estudo que o ultrassom é ótima técnica de escolha para identificar anormalidades estruturais em tecidos tendíneos. Quanto a diferença entre membros na espessura do TC, foi demonstrado

que em indivíduo com tendinopatia unilateral do TC a diferença do lado comprometido com o lado contralateral sadio foi de aproximadamente 20% (MUNTEANU, 2015).

Entretanto, mesmo o exame de ultrassom sendo uma das técnicas mais utilizados para fechar o diagnóstico de tendinopatias (KHARATE; CHANCE-LARSEN, 2012; CHINESE SOCIETY OF SPORTS MEDICINE, 2019), ainda assim não é um método com 100% de acurácia. Nas imagens dos participantes do GT, os achados referentes ao edema e irregularidade das fibras do TC demonstraram alguns resultados falso-negativos para tendinopatia. Porém, nos resultados obtidos a partir da avaliação termográfica, todos os indivíduos do GT apresentaram temperatura superior a média dos sujeitos sadios.

Os testes clínicos (Testes a palpação, Sinal do arco, Test Hospital Royal London, Dorsiflexão passiva com a com a articulação do joelho em flexão e Levantamento do calcanhar) e funcionais (Salto de uma perna e Levantamento do calcanhar) específicos para avaliar a presença de tendinopatia do TC também foram positivos para os indivíduos do GT, confirmando mais uma vez a patologia no TC.

Dams e colaboradores (2019) aplicaram testes físicos para aprimorar o diagnóstico e avaliação da tendinopatia no TC, em que os testes foram importantes na compreensão da perspectiva clínica, relacionadas ao estudo da estrutura e força do tendão. Demonstrando, portanto, que mesmo sendo um método de avaliação qualitativo, os testes físicos são válidos para auxílio do diagnóstico de tendinopatia.

Parâmetros relacionados a dor também demonstraram resultados positivos para tendinopatia do TC nos indivíduos do GT. A avaliação da dor referida (avaliada pela escala visual analógica de dor) e o limiar de dor (avaliado pelo analgesímetro digital/ algometria) demonstraram que a região do TC destes indivíduos é mais sensível e dolorosa quando comparado aos indivíduos do GC.

Em uma revisão sistemática foi relatado que o tecido paratendíneo patológico possui aumento da inervação simpática e evidências de que os tenócitos anormais podem sintetizar suas próprias catecolaminas, justificando assim a hipersensibilidade da região (JEWSON *et al.*, 2015).

Foi realizada a avaliação da temperatura por meio da termografia por infravermelho. A média da diferença de temperatura entre membros dos indivíduos do GT foi de 2,15°C ( $\pm 0,5$ ), valor bem maior do que dos sujeitos do GC (0,38°C), com diferença estatisticamente significativa entre o GT vs GC ( $p \leq 0,05$ ).

Em outros estudos que utilizaram a termografia por infravermelho já foi verificado que em condições inflamatórias, como artrite reumatoide (RING; COLLINS, 1970), pós-operatório de artroplastia de quadril e joelho (ROMANÓ *et al.*, 2011) e disfunção na articulação temporomandibular (KIM, 2019) a temperatura superficial da pele é elevada na região afetada.

Até o momento, na literatura há poucos trabalhos específicos que utilizaram a termografia por infravermelho com o objetivo de identificar alterações em tendões (BINDER *et al.*, 1983; MANGINE; SIQUELAND; NOYES, 1987; VECCHIO *et al.*, 1992; MEKNAS *et al.*, 2008).

Chaudhry e colaboradores (2016) realizaram uma revisão sistemática com trabalhos que utilizaram a termografia infravermelha como técnica de diagnóstico de tendinopatias. Ao todo, os autores reuniram apenas 6 trabalhos (com ano de publicação entre 1976 a 2008), onde apenas um não foi possível realizar a leitura na íntegra (trabalho de 1976, em que somente o resumo estava disponível para leitura). Do total, 4 artigos eram referentes a avaliação de epicondilite lateral, um trabalho sobre tendinite patelar e um estudo que avaliou o tendão do manguito rotador. Nenhum deles foi referente ao diagnóstico de tendinopatia do tendão do calcâneo. Talvez pela época da maioria dos trabalhos, a metodologia era limitada, em que muitos destes estudos comparam basicamente o aumento e diminuição da temperatura, sem utilizar outros métodos de avaliações de tendinopatias para comparação dos achados.

Os resultados deste trabalho não demonstram apenas que em indivíduos do GT há um aumento da temperatura na região do TC quando comparado aos sujeitos do GC. Neste estudo, o diferencial e o principal achado foi de que o aumento da temperatura corrobora com os resultados de outros testes e exames convencionais para o diagnóstico da tendinopatia, também realizados neste trabalho.

Também foi demonstrado que a termografia por infravermelho é sensível às alterações causadas pela inflamação, demonstrando precisamente pequenas e altas variações de temperatura quando comparada a mesma região saudável. A sensibilidade desta técnica é interessante, uma vez que o exame de ultrassom pode gerar resultados falsos-negativos para tendinopatia.

Logo, a elevação da temperatura superficial do TC é consistente com os sinais clínicos da inflamação, como calor, dor, edema e alterações funcionais (BRASILEIRO-FILHO, 2011) e, portanto, acredita-se que a termografia por

infravermelho pode ser considerada uma técnica válida para o diagnóstico de doenças inflamatórias, uma vez que sua eficácia foi comprovada pela comparação com outros métodos diagnósticos convencionais para sinais e sintomas inflamatórios do TC.

Ressaltando que, para se obter os benefícios e resultados fidedignos da termografia por infravermelho, o rigor da técnica deve ser respeitado, com necessidade absoluta do exame ser realizado em um ambiente rigorosamente controlado, respeitar o tempo de aclimação térmica; necessidade do uso de um equipamento moderno que garanta alta sensibilidade da câmera, precisão e alta resolução das imagens (LAHIRI *et al.*, 2012).

## 8 CONCLUSÃO

Os voluntários sadios deste estudo, sem tendinopatia do tendão calcâneo, apresentaram diferença entre membros de  $0,38^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,02$ ). Enquanto que os indivíduos com tendinopatia possuem em média  $2,15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,5$ ), de diferença de temperatura entre membros.

A termografia por infravermelho foi uma técnica sensível para identificar alterações de temperatura nos sujeitos com tendinopatia do TC, indicando anormalidade na homeostasia da temperatura da região, quando comparada aos indivíduos saudáveis, favorecendo a condição de resultado positivo para inflamação.

Dentre os sinais clássicos da inflamação: dor, calor, edema e perda de função, foi possível demonstrar que pelo recurso da termografia por infravermelho houve um aumento da temperatura (calor) na região do TC nos sujeitos com tendinopatia, e ainda, por meio das avaliações utilizando a ultrassonografia diagnóstica, os testes clínicos e funcionais, verificou-se também, nesses mesmos sujeitos, a presença de outros sinais cardinais da inflamação (dor, edema e perda de função). Logo, pode-se afirmar que o aumento da temperatura foi consistente com os demais sinais clássicos da inflamação.

Portanto, sugere-se que a termografia por infravermelho é válida para o diagnóstico de doenças inflamatórias, como a tendinopatia do TC.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, I. M. *et al.* Blood supply of the Achilles tendon. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 16, n. 5, p. 591-596, 1998.
- AL-NAKHLI, H. H. *et al.* The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. **Journal of Visualized Experiments**, v. 59, p. 3551, 2012.
- ASTROM, M.; RAUSING, A. Chronic Achilles tendinopathy: A survey of surgical and histopathologic findings. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, n. 316, p. 151-164, 1995.
- BANDEIRA, F. The thermography in support for diagnosis of muscle injury in sport. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 1, p. 59-64, 2014.
- BENJAMIN, M. *et al.* Where tendons and ligaments meet bone: attachment sites ('entheses') in relation to exercise and/or mechanical load. **Journal of Anatomy**, v. 208, n. 4, p. 471– 490, 2006.
- BINDER, A. *et al.* A Clinical and Thermographic Study of Lateral Epicondylitis. **British Journal of Rheumatolog**, v. 22, p. 77-81, 1983.
- BRASILEIRO-FILHO, G. **Bogliolo: Patologia**. 8 ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2011. 1520 p.
- BRIOSCHI, M. L. *et al.* Termo-coronário-angiografia: padronização do método e primeiras aplicações clínicas no Brasil. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 17, n. 2, p. 15-19, 2002.
- BRIOSCHI, M. L. *et al.* Termografia no diagnóstico da dor. In: ALVES Neto, O. *et al.* **Dor: Princípios e Prática**. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 1338-1357.
- BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. A. C. Skin Thermometry: new concepts. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 2, n. 2, p.151-60, 2003.
- BUCKLE, P. W.; DEVEREUX, J. J. The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. **Applied ergonomics**, v. 33, n. 3, p. 207-17, 2002.
- CHAUDHRY, S. *et al.* The use of medical infrared thermography in the detection of tendinopathy: a systematic review. **Physical Therapy Reviews**, v. 21, n. 2, p. 1-8, 2016.
- CHINESE SOCIETY OF SPORTS MEDICINE. Chinese Consensus on Insertional Achilles Tendinopathy. **The Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 10, p. 1-6, 2019.
- CHRISTIANSEN, J.; GEROW, G. **Thermography: Seminars in chiropractic**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1990.

CHUDECKA, M.; LUBKOWSKABC, A.; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. **Journal of Thermal Biology**, v. 43, p. 1-6, 2014.

COOK, J. L.; KHAN, K. M.; PURDAM, C. Achilles tendinopathy. **Manual Therapy**, v. 7, n. 3, p. 121-130, 2002.

CÔRTE, A. C. R.; HERNANDEZ, A. J. Application of Medical Infrared Thermography to Sports Medicine. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 4, p. 315-319, 2016.

DAMS, O. C. *et al.* The recovery after Achilles tendon rupture: a protocol for a multicenter prospective cohort study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 20, n. 1, p. 69, 2019.

DAYTON, P. Anatomic, Vascular, and Mechanical Overview of the Achilles Tendon. **Clinics in Podiatric Medicine and Surgery**, v. 34, n. 2, p. 107–113, 2017.

DEDERER, K. M.; TENNANT, J. M. Anatomical and Functional Considerations in Achilles Tendon Lesions. **Foot and Ankle Clinics**, v. 24, n. 3, p. 371-385, 2019.

DEL BUONO, A. *et al.* Achilles tendon: functional anatomy and novel emerging models of imaging classification. **International orthopaedics**, v. 37, n. 4, p. 715-21, 2013.

DIAMANT, J. *et al.* Collagen: ultrastructure and its relation to mechanical properties as a function of ageing. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 180, n. 1060, p. 293-315, 1972.

DORAL, M. N. *et al.* Functional anatomy of the Achilles tendon. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 18, n. 5, p. 638–643, 2010.

DUNCAN, B. B.. Chronic Non-Communicable Diseases in Brazil: priorities for disease management and research. **Revista de Saúde Pública**, v. 46(Supl), p. 126-34, 2012.

EDWARDS, D. A. W. The blood supply and lymphatic drainage of tendons. **Journal of Anatomy**, v. 80(Pt 3), p. 147–152.2, 1946.

EI HAWARY, R.; STANISH, W. D.; CURWIN, S. L. Rehabilitation of tendon injuries in sport. **Sports Medicine**, v. 24, n. 5, p. 347-358, 1997.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. *et al.* Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review. **Infrared Physics and Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015.

FORMENTI, D. *et al.* Thermal Imaging of Exercise-Associated Skin Temperature Changes in Trained and Untrained Female Subjects. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 41, n. 4, 863-871, 2013.

GABEL, G. T. Acute and chronic tendinopathies at the elbow. **Current Opinion in Rheumatology**, v. 11, n. 2, p. 138-143, 1999.

GAWEDA, K.; TARCZYNSKA, M.; KRZYZANOWSKI, W. Treatment of Achilles tendinopathy with platelet-rich plasma. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 08, p. 577-583, 2010.

GOLD, J. E.; CHERNIACK, M.; BUCHHOLZ, B. Infrared thermography for examination of skin temperature in the dorsal hand of office workers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 245–251, 2004.

GOMES, M. E.; REIS, R. L.; RODRIGUES, M. T. **Tendon Regeneration: Understanding Tissue Physiology and Development to Engineer Functional Substitutes**. 1 ed. New York: Elsevier. 2015. 443p.

HART, D. A.; FRANK, C. B.; BRAY, R. C. Inflammatory processes in repetitive motion and overuse syndromes; potential role of neurogenic mechanisms in tendons and ligaments. In: GORDON, S. L.; BLAIR, S. J.; FINE, L. J. **Repetitive motion disorders of the upper extremity**. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1995. p. 247-262.

HASLERUD, S. *et al.* Achilles Tendon Penetration for Continuous 810 nm and Superpulsed 904 nm Lasers Before and After Ice Application: An In Situ Study on Healthy Young Adults. **Photomedicine Laser Surgery**, n. 35, p. 10, p. 567-575, 2017.

HOSPITAL DE BASE. **Arquivos: Escala EVA**. Disponível em: <<http://www.hospitaldebase.com.br/arquivos-farmacia/escala-lanns-eva.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

JAMES, R. *et al.* Tendon: Biology, Biomechanics, Repair, Growth Factors, and Evolving Treatment Options. **The Journal of Hand Surgery**, v. 33, n. 1, p. 102-112, 2008.

JEWSON, J. L. *et al.* The Sympathetic Nervous System and Tendinopathy: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 45, p. 5, p. 727-43, 2015.

JIANG, L. J. *et al.* A perspective on medical infrared imaging. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v. 29, n. 6, p. 257-67, 2005.

JÓZSA, L. G.; KANNUS, P. **Human Tendons: Anatomy, Physiology and Pathology**. Champaign: Human Kinetics, 1997.

KACHLIK, D. *et al.* Anatomical terminology and nomenclature: past, present and HIGHLIGHTS. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 30, p. 459–466, 2008.

KADER, D. *et al.* Achilles tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. **British Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 4, p. 239–249, 2002.

KANNUS, P. Structure of the tendon connective tissue. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 10, n. 6, p. 312-20, 2000.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos: Provas e Funções**. 4ª ed. São Paulo: Ed. Manole, 1994.

KHAN, K. M. *et al.* Histopathology of common tendinopathies: update and implications for clinical management. **Sports Medicine**, v. 27, n. 6, p.393-408,1999.

KHARATE, P.; CHANCE-LARSEN, K. Ultrasound evaluation of Achilles tendon thickness in asymptomatic's: A reliability study. **International Journal of Physiotherapy and Rehabilitation**, v. 2, p. 1-11, 2012.

KIM, C. Consecutive digital infrared thermography in patients with temporomandibular joint arthralgia. **Oral Biology Research**, v. 43, n. 1, p. 32-39, 2019.

KRAEUTLER, M. J.; PURCELL, J. M.; HUNT, K. J. Chronic Achilles Tendon Ruptures. **Foot Ankle Int.**, v. 38, n. 8, p. 921-929, 2017.

KRAUT, A. Estimates of the extent of morbidity and mortality due to occupational diseases in Canada. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 25, n. 2, p. 267-78, 1994.

LAHIRI, B. B. *et al.* Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 55, n. 4, p. 221-235, 2012.

LANGBERG, H.; ROSENDAL, L.; KJAER, M. Training-induced changes in peritendinous type I collagen turnover determined by microdialysis in humans. **Journal of Physiology**, v. 534.1, pp. 297-302, 2001.

LEADBETTER, W. B. Cell-matrix response in tendon injury. *Clin Sports Med*, v. 11, p. 533–78, 1992.

LEIGH, J. P.; ROBBINS, J. A. Occupational disease and workers' compensation: coverage, costs, and consequences. **The Milbank quarterly**, v. 82, n. 4, p. 689–72, 2004.

LIAN, O.; ENGBRETSEN, L.; BAHR, R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. **American Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 4, p. 561-567, 2005.

MAFFULLI, N. *et al.* Clinical diagnosis of Achilles tendinopathy with tendinosis. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 13, n. 1, p. 11-15, 2003.

MAFFULLI, N.; ALMEKINDERS, L. C. **The Achilles Tendon**. London: Springer, 2007, p. 284.

MAFFULLI, N.; KADER, D. Tendinopathy of tendon Achillis. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 84, n. 1, p. 1-8, 2002.

MAFFULLI, N.; SHARMA, P.; LUSCOMBE, K. L. Achilles tendinopathy: aetiology and management. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 97, n. 10, p. 472–476, 2004.

- MANGINE, R. E.; SIQUELAND, K. A.; NOYES, F. R. The Use of Thermography for the Diagnosis and Management of Patellar Tendinitis. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 9, n. 4), p. 132-40, 1987.
- MARCOS, R. L. *et al.* Low-Level Laser Therapy in Collagenase-Induced Achilles Tendinitis in Rats: Analyses of Biochemical and Biomechanical Aspects. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 30, n. 12, p. 1945-1951, 2012.
- MARTIN, R. L. *et al.* Achilles Pain, Stiffness, and Muscle Power Deficits: Midportion Achilles Tendinopathy Revision 2018. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 48, n. 5, p. A1–A38, 2018.
- MASCI, L. *et al.* How to diagnose plantaris tendon involvement in midportion Achilles tendinopathy - clinical and imaging findings. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 17, p. 97, 2016.
- MEDEIROS, D. M. Conservative treatment of Achilles tendon partial tear in a futsal player: A case report. **Physiotherapy Theory and Practice**, p. 1532-5040, 2019.
- MEDZHITOV, R. Origin and physiological roles of inflammation. **Nature**, v. 454, n. 7203, p. 428-35, 2008.
- MEKNAS, K. *et al.* A Promising Method for Treatment of Recalcitrant Lateral Epicondylitis. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 10, p. 1960-1965, 2008.
- MICHELOTTO, B. L.; ROCHA, R. M. V. M.; MICHELOTTO JR, P. V. Thermographic Detection of Dorsal Metacarpal/Metatarsal Disease in 2-Year-Old Thoroughbred Racehorses: A Preliminary Study. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 44, p. 37–41, 2016.
- MOLLOY, T. J. *et al.* Microarray analysis of the tendinopathic rat supraspinatus tendon: glutamate signaling and its potential role in tendon degeneration. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, p. 1702–1709, 2006.
- MROWKA, R.; REUTER, S. Thermoregulation. **Acta Physiologica**, v. 217, n. 1, p. 3-5, 2016.
- MUNTEANU, S. **Achilles Tendon**. In: Rome, K.; McNair, P.; NESTER, C. Management of Chronic Conditions in the Foot and Lower Leg. London: Elsevier, 2015. 145-179 p.
- NERY, C. A. S.; SOUZA, F. Z. L.; MIRANDA, R. H. Tornozelo e Pé. In: BARROS-FILHO, T. E. P.; LECH, O. **Exame Físico em Ortopedia**. Indianópolis: Sarvier, 2017. p. 267-300.
- NEVES, E. B. *et al.* Effect of body fat and gender on body temperature distribution. **Journal of Thermal Biology**, v. 70, p. 1-8, 2017.
- O'BRIEN, M. The anatomy of the Achilles tendon. **Foot Ankle Clinical**, v. 10, n. 2, p. 225-38, 2005.

- PAAVOLA, M. *et al.* Achilles tendinopathy. **Journal of Bone and Joint Surgery**. v. 84-A, n. 11, p. 2062-2076, 2002.
- PALMER, K. T.; GOODSON, N. Ageing, musculoskeletal health and work. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, v. 29, n. 3, p. 391-404, 2015.
- PEARSON, S.J.; BURGESS, K., ONAMBELE, G.N. Creep and the in vivo assessment of human patellar tendon mechanical properties. **Clinical Biomechanics**, v. 22, n. 6, p. 712-717, 2007.
- PUDDU, G.; IPPOLITO, E.; POSTACCHINI, F. A classification of Achilles tendon disease. **American Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 4, p. 145-150, 1976.
- RAMACHANDRAM, M. **Basic orthopaedic sciences : the Stanmore guide**. London: Hodder Arnold, 2007. 304 p.
- RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 3, p. R33–R46, 2012.
- RING, E. F. J.; COLLINS, A. J. Quantitative Thermography. **Rheumatology and Physical Medicine**, v. 10, n. 7, p. 337-341, 1970.
- RIO, E. *et al.* The Pain of Tendinopathy: Physiological or Pathophysiological? **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 9-23, 2014.
- ROMANÓ, C. L. *et al.* Healing of surgical site after total hip and knee replacements show similar telethermographic patterns. **Journal of Orthopaedics and Traumatology**, v. 12, n. 2, p. 81-86, 2011.
- RYAN, M. *et al.* Kinematic analysis of runners with achilles mid-portion tendinopathy. **Foot & Ankle International**, v. 30, n. 12, p. 1190-5, 2009.
- SAEBØ, H. *et al.* Reliability of pain pressure threshold algometry in persons with conservatively managed wrist fractures. **Physiotherapy Research International**, e1797, 2019.
- SAKABE, T.; SAKAI, T. Musculoskeletal diseases – tendon. **British Medical Bulletin**, v. 99, n. 1, p. 211–225, 2011.
- SCHMIDT, M. I. *et al.* Chronic non-communicable diseases in Brazil: burden and current challenges. **Lancet**, v. 377, p. 1949–61, 2011.
- SELVANETTI, A. C. M.; PUDDU, G. Overuse tendon injuries: basic science and classification. **Operative Techniques in Sports Medicine Surgery**, v. 5, p. 110-117, 1997.
- SHARMA, P.; MAFFULLI, N. Biology of tendon injury: healing, modeling and remodeling. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, v. 6, n. 2, p. 181-90, 2006.
- SILVA, L. F. *et al.* Thermal Signal Analysis for Breast Cancer Risk Verification. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 216, p. 746-750, 2015.

SIVANANDAM, S. *et al.* Medical thermography: a diagnostic approach for type 2 diabetes based on non-contact infrared thermal imaging. **Endocrine**, v. 42, n. 2, p. 343-51, 2012.

SOUSA, N. T. A. *et al.* Application of shortwave diathermy to lower limb increases arterial blood flow velocity and skin temperature in women: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 21, n. 2, p. 127-137, 2017.

SOUZA, N. S. S.; SANTANA, V. S. Cumulative annual incidence of disabling workrelated musculoskeletal disorders in an urban area of Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 27, n. 11, p. 2124-2134, 2011.

TEMPFER, H.; TRAWEGER, A. Tendon Vasculature in Health and Disease. **Frontiers in Physiology**, v. 6:330, 2015.

THOMAS, D. *et al.* Computerised infrared thermography and isotopic bone scanning in tennis elbow. **Annals of the Rheumatic Diseases**, v. 51, p.103-107, 1992.

TUMILTY, S. *et al.* Thermal profiles over the Achilles tendon in a cohort of non-injured collegiate athletes over the course of a cross country season. **Physical Therapy in Sport**, v. 36, p. 110-115, 2019.

VARDASCA, R. *et al.* Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermology international*, v. 22, n. 2, p. 53-60, 2012.

VECCHIO, P. C. *et al.* Thermography of Frozen Shoulder and Cuff Tendinitis. **Clinical rheumatology**, v. 11, n. 3, p. 382-384, 1992.

VIDAL, B.C. Image analysis of tendon helical superstructure using interference and polarized light microscopy. **Micron**, v. 34, n. 8, p. 423-32, 2003.

VIEIRA, F. *et al.* Tendinopatia do tendão calcâneo. **Publicatio UEPG: Biological and Health Sciences**, v. 16, n. 1, p. 35-42, 2010.

VOLTARELLI, J. C. Febre e Inflamação. **Medicina, Ribeirão Preto**, v. 27, n. 1/2, p. 7-48, 1994.

WANG, J. H. Mechanobiology of tendon. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 9, p. 1563-82, 2006.

WILMINK, J.; WILSON, A. M.; GOODSHIP, A. E. Functional significance of the morphology and micromechanics of collagen fibres in relation to partial rupture of the superficial digital flexor tendon in racehorses. **Research in Veterinary Science**, v. 53, n. 3, p. 354-359, 1992.

WOO, S. L. Y. *et al.* Structure and function of ligaments and tendons. In: MOW, V. C.; HUISKES, R. **Basic orthopaedic biomechanics & mechano-biology**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2017. p. 616.

WUNDERLICH, C.; WOODMAN, W. On the Temperature in Diseases, a Manual of Medical Thermometry. **The New Sydenham Society**. v. 71, 1871.

YOUNGER, J.; MCCUE, R.; MACKEY, S. Pain outcomes: a brief review of instruments and techniques. **Current Pain and Headache Reports**, v. 13, p. 39-43, 2009.

ZAFAR, M. S.; MAHMOOD, A.; MAFFULLI, N. Basic Science and Clinical Aspects of Achilles Tendinopathy. **Sports Medicine and Arthroscopy Review**, 17(3), 190–197, 2009.

ZHU, W. P.; XIN, X. R. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 888, p. 300-313, 1999.

## ANEXO A – PARECER CEP

### COMPROVANTE DE ACEITE DO PROJETO

UNIVERSIDADE DO VALE DO  
PARAÍBA - UNIVAP



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Estudo clínico duplo-cego randomizado e controlado de tratamentos fisioterápicos para tendinopatia crônica de aquiles (PhyCAT)

**Pesquisador:** Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 94820218.2.0000.5503

**Instituição Proponente:** Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.053.911

##### Apresentação do Projeto:

O estudo trata-se de um ensaio randomizado, duplo-cego que avaliará os efeitos do tratamento associado do exercício (pela Cinesioterapia), do gelo (pela crioterapia) e o laser de baixa potência em pacientes com quadro de Aquilestendionopatia.

##### Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário foi bem descrito, não havendo objetivo secundário: "O objetivo deste estudo é comparar os efeitos da terapia utilizando Laser de baixa potência ou placebo associado à exercícios físicos e crioterapia sobre a inflamação do tendão, dor e funcionalidade em pacientes com Tendinite e Aquiles".

##### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os benefícios estão claros e bem descritos. Em análise anterior, este CEP solicitou descrição mais detalhada sobre a forma de garantir o sigilo/confidencialidade do participante, o que se realiza na presente versão do projeto de pesquisa.

Este CEP questionou, ainda, o mecanismo de recrutamento de participantes em formato online, sendo

UNIVERSIDADE DO VALE DO  
PARAÍBA - UNIVAP



Continuação do Parecer: 3.053.911

Ocorrendo "eventos sérios", indicar as condutas adotadas. Se houve pedido de indenização por danos causados por este estudo, indicar qual o dano e conduta tomada.

CEP-Univap - (12) 3947-1111 - <http://web.univap.br/cep/>

##### Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1097630.pdf	22/11/2018 19:13:29		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaracaodeAutorizacaoAssinado_Prof Mario.pdf	22/11/2018 19:12:50	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_CEP.pdf	22/11/2018 19:11:40	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_CORRIGIDO_NOVEMBRO2018.pdf	22/11/2018 19:11:06	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_corrigido_Novembro2018.pdf	22/11/2018 19:10:36	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_PHYCAT021.pdf	24/08/2018 16:16:28	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	INFRAESTRUTURA018.pdf	29/06/2018 11:51:49	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito
Declaração de Pesquisadores	LATTES_RODRIGO_MARTINS.pdf	14/05/2018 12:23:21	Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	Aceito

##### Situação do Parecer:

Aprovado

##### Necessita Apreciação da CONEP:

Não

## ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título do Projeto: Estudo clínico duplo-cego randomizado e controlado de tratamentos fisioterápicos para tendinopatia crônica de aquiles (PhyCAT).

Pesquisador Responsável: Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

Equipe executora:

- Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins, Prof. Livre-Docente – Coordenador do Estudo
- Mário Oliveira Lima , Prof. Dr. – Supervisor Clínico
- Fernanda Púpio Silva Lima, Prof. Dr. – Supervisora Clínica
- Maria das Graças Licurci , Prof. Dr. – Fisioterapeuta
- Patrícia Sardinha Leonardo Lopes Martins, Prof. Dr. – Fisioterapeuta
- Ana Paula Pinto - Fisioterapeuta
- Natália Galvão Rocha Moreira - Fisioterapeuta

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Universidade do Vale do Paraíba

Telefones para contato: (12) 98855-4795 - (12) 3351-6718

Nome do(a) voluntário(a): \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos R.G. \_\_\_\_\_

Responsável legal (quando for o caso): \_\_\_\_\_

R.G. Responsável legal: \_\_\_\_\_

Ao participante,

Prezado voluntário, o senhor (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa, que está sendo realizada pelo pesquisador, Professor Livre-Docente Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins do Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento da UNIVAP.

A presente pesquisa terá como objetivo principal verificar os efeitos da Terapia com Laser de Baixa Potência na Tendinite de Aquiles crônica e aguda.

Caso aceite participar desta pesquisa, serão aplicados dois questionários. Os questionários colherão informações referentes aos dados pessoais (nome, idade, telefone, e-mail, gênero, peso e altura) e qualidade de vida.

Ao concordarem com o presente protocolo, o senhor deverá seguir um protocolo padrão, determinado anteriormente, que inclui a realização de exercícios específicos para tendinite de Aquiles e receberá ainda tratamento com crioterapia e laserterapia por um período de 04 semanas com 03 sessões de tratamento por semana, totalizando 12 sessões de tratamento no Centro de Práticas Supervisionadas da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba.

Em uma segunda fase do estudo, o senhor deverá realizar tratamento 01 vez por semana no Centro de Práticas Supervisionadas da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba e será instruído a realizar mais duas sessões de exercícios semanais em seu domicílio.

A desistência de participar da pesquisa poderá ocorrer a qualquer momento, e se ocorrer, não lhe causará nenhum tipo de prejuízo. Os dados somente serão utilizados para fins científicos, e sem a sua identificação, em hipótese alguma. Não haverá nenhum custo ou remuneração pela participação.

Eu, Professor Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins, pesquisador responsável comprometo-me a divulgar aos participantes todos os resultados obtidos durante a pesquisa. Vale esclarecer que em qualquer etapa da pesquisa o senhor terá total acesso aos responsáveis e aos dados para qualquer esclarecimento sobre a pesquisa, através dos telefones citados abaixo.

Esta pesquisa será realizada de acordo com as normas de pesquisas envolvendo seres humanos, atendendo a Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde – Brasília, DF.

A pesquisa será realizada mediante aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) envolvendo seres humanos, e fica garantido o acesso dos participantes ao CEP para esclarecimentos éticos da pesquisa, Tel. /Fax: (12) 3947-1111.

Declaro, para os devidos fins, que fui devidamente informado(a) sobre a trabalho de pesquisa “Estudo clínico duplo-cego randomizado e controlado de tratamentos fisioterápicos para tendinopatia crônica de aquiles (PhyCAT)” e estou disposto a participar voluntariamente neste trabalho como voluntário voluntário.

Assino este documento, em duas vias, o qual uma ficará em meu poder, autorizando a utilização dos resultados colhidos e por mim informados para a realização da pesquisa acima esclarecida.

Eu, \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_ fui informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

São José dos Campos, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nome e assinatura do participante  
obter

Nome e assinatura do responsável por  
o consentimento (graduado no mínimo)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Testemunha

Testemunha

COORDENADOR: Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

Tel.: (12) 98855-4795

(12) 3351-6718.

E-mail: ralopesmartins@gmail.com