

EXISTE ASSOCIAÇÃO ENTRE AS INTERAÇÕES DAS VARIÁVEIS DE  
TREINAMENTO E DA CADEIA CINÉTICA DO MEMBRO INFERIOR E O NÍVEL  
DE SEVERIDADE DA TENDINOPATIA DO CALCÂNEO EM CORREDORES DE  
RUA?

Thamiris Silva Nazareno<sup>1</sup>, PT; Lucas Valentim de Freitas<sup>1</sup>, PT; Victor Matheus Leite

Mascarenhas Ferreira<sup>2</sup>, PT, MSc; Rodrigo Ribeiro de Oliveira<sup>1</sup>, PT, PhD

<sup>1</sup> Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil.

--

Autor correspondente:

Nome: Rodrigo Ribeiro de Oliveira

Departamento de Fisioterapia- Faculdade de Medicina da Universidade Federal do

Ceará (UFC)- Rua Coronel Nunes de Melo, nº 1127, 1º andar – Zip Code 60430-275

E-mail: rodrigoroliveira@hotmail.com

## **RESUMO**

Objetivo: identificar se há associação entre as interações das variáveis de treinamento e da cadeia cinética do membro inferior e o nível de severidade da tendinopatia do calcâneo (TC) em corredores de rua.

Desenho: Estudo transversal.

Cenário: Laboratório de Análise do Movimento Humano. Participantes: 25 atletas corredores de rua recreacionais com tendinopatia do calcâneo. Principais medidas de desfecho: Volume, frequência de treino semanal e tempo de prática foram coletados na ficha de avaliação. Os torques isométricos do quadril e tornozelo foram medidos com um dinamômetro manual portátil. A avaliação da amplitude de movimento (ADM) de dorsiflexão foi realizada em cadeia cinética fechada por meio do *Weight Bearing Lunge Test* e cadeia cinética aberta por meio de um goniômetro com a perna estendida e fletida. A ADM de rotação interna (RI) do quadril foi avaliada por meio do goniômetro. O alinhamento do pé foi realizado utilizando software para análise de imagens.

Resultados: A interação entre o torque dos músculos rotadores externos (RE) do quadril, dorsiflexão do tornozelo, ADM de RI do quadril, volume e frequência de treino estavam associados ao nível de severidade da TC.

Conclusão: Indivíduos com menor torque dos músculos RE e menor ADM de RI do quadril e de dorsiflexão do tornozelo obtiveram maior severidade da TC.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Tendão do Calcâneo; Corredores; Fenômenos Biomecânicos

EXISTE ASSOCIAÇÃO ENTRE AS INTERAÇÕES DAS VARIÁVEIS DE  
TREINAMENTO E DA CADEIA CINÉTICA DO MEMBRO INFERIOR E O NÍVEL  
DE SEVERIDADE DA TC EM CORREDORES DE RUA?

**Conflito de Interesse:** não

**Financiamento:** Os autores agradecem o apoio financeiro (bolsa de estudos) do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal do Ceará.

**Comitê de Ética:** O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará, Nº Protocolo. 7336.3471.2.0000.5108. O consentimento informado por escrito foi obtido por todos participantes antes da participação.

**Agradecimentos:** Agradecemos à Liga de Fisioterapia Esportiva da Universidade Federal do Ceará e ao Tendon Research Group - Brazil por ajudar no recrutamento de participantes.

## INTRODUÇÃO

Os tendões são estruturas capazes de atuar na absorção de energia, importantes na transmissão de força do músculo para o osso (Sharma & Maffulli, 2006). Embora o tendão suporte altas cargas de tensão, o uso excessivo dessa estrutura pode gerar alterações degenerativas (Maffulli, Khan, & Puddu, 1998). Associadas a isso, pode haver a presença de dor, inchaço e incapacidade funcional, o que confere o diagnóstico de tendinopatia (Maffulli et al., 1998).

Um das tendinopatias mais prevalentes é a tendinopatia do calcâneo (TC), acometendo cerca de 2,35 a cada 1000 indivíduos na população em geral com faixa etária entre 21 e 60 anos (De Jonge et al., 2011; Järvinen, Kannus, Maffulli, & Khan, 2005). Cerca de 7 a 9% dos corredores desenvolvem tendinopatia em um período de um ano (Carcia, Martin, Houck & Wukich., 2010). Em indivíduos corredores de média e longa distância com menos de 49 anos há 31,2 vezes mais chances de lesão do que na população em geral, sendo a TC uma das principais lesões musculoesqueléticas encontradas nessa modalidade esportiva. (Dias Lopes, Hespanhol Junior, Yeung, & Pena Costa, 2012; Kujala, Sarna, & Kaprio, 2005).

Um dos fatores que podem estar associados à TC em atletas corredores são as variáveis de treinamento, como grandes distâncias de corrida, rápida progressão da carga e alta intensidade (Järvinen et al., 2005; Knobloch, Yoon, & Vogt, 2008a; Nielsen, Rønnow, Rasmussen, & Lind, 2014; Van Middelkoop, Kolkman, Van Ochten, Bierma-Zeinstra, & Koes, 2008; van Poppel, Scholten-Peeters, van Middelkoop, Koes, & Verhagen, 2018). Em um estudo realizado por Knobloch, Yoon, & Vogt, 2008 foi demonstrado que corredores com mais de 10 anos de experiência tiveram maior risco para

TC, sendo essa, uma das condições mais comuns por uso excessivo (taxa de 0,02 a cada 1000 Km). Em uma pesquisa realizada com corredores recreacionais, foi observado que o aumento dos quilômetros percorridos durante um único evento aumentava o risco de lesão enquanto o aumento dos quilômetros de treinamento por semana era um fator protetor (van Poppel et al., 2018). Porém em outro estudo, pode-se observar que uma distância de treinamento menor que 40 Km por semana era um fator protetor para o desenvolvimento da TC (Van Middelkoop et al., 2008).

Alterações biomecânicas também têm sido associadas a ocorrência de TC (Azevedo, Lambert, Vaughan, O'Connor, & Schwellnus, 2009; Becker, James, Wayner, Osternig, & Chou, n.d.; Donoghue, Harrison, Laxton, & Jones, 2008; Franettovich Smith, Honeywill, Wyndow, Crossley, & Creaby, 2014; Habets, Smits, Backx, van Cingel, & Huisstede, 2017; Haglund-Åkerlind & Eriksson, 1993; Mahieu, Witvrouw, Stevens, Van Tiggelen, & Roget, 2006; Rabin, Kozol, & Finestone, 2014; Ryan et al., 2009; Taunton et al., 2003). Alguns estudos demonstraram que indivíduos com TC possuem alterações no tornozelo como aumento da eversão ou pronação subtalar excessiva (Becker et al., n.d.; Donoghue et al., 2008; Ryan et al., 2009), diminuição da amplitude de movimento (ADM) de dorsiflexão do tornozelo (Haglund-Åkerlind & Eriksson, 1993; Rabin et al., 2014) e fraqueza da musculatura da panturrilha (Mahieu et al., 2006). Há também uma associação entre essa condição e alterações cinemáticas na marcha e no controle neuromuscular do quadril (Azevedo et al., 2009). De fato, Indivíduos com TC podem apresentar uma menor ativação eletromiográfica dos músculos reto femoral e glúteo médio e diminuição da força dos músculos abdutores, extensores e rotadores laterais do quadril (Azevedo et al., 2009; Franettovich Smith et al., 2014; Habets et al., 2017).

O aumento da severidade gera uma série de impactos físicos que podem ocorrer na população de corredores. Conhecer esses impactos físicos associados com a severidade da lesão pode ajudar fisioterapeutas e clínicos a endereçar esses déficits no processo de reabilitação da condição (Rio et al., 2019). Porém ainda faltam estudos que utilizem essas variáveis em um modelo não-linear e como a TC é uma condição multifatorial, faz-se necessário entender como essas variáveis interagem e como se associam com o nível de gravidade da condição (Bittencourt et al., 2016). Por conta disso, o objetivo do nosso estudo é identificar se há associação entre as interações das variáveis de treinamento e da cadeia cinética do membro inferior e o nível de severidade da TC em corredores de rua recreacionais.

## **MÉTODOS**

### **Participantes**

Foram recrutados para o estudo corredores de rua recreacionais de ambos os sexos com volume mínimo de 15 Km por semana, com a idade entre 18 e 55 anos e presença de dor a palpação e auto relato de dor e rigidez após período de inatividade (Hutchison et al., 2013). Não foram incluídos no estudo corredores que apresentassem histórico de lesão, além da TC, cirurgia do membro inferior ou tratamento fisioterapêutico nos últimos 6 meses. Participantes que não conseguissem realizar os testes por apresentar dor incapacitante eram excluídos do estudo.

Os participantes foram recrutados em eventos, competições e nas mídias sociais por meio de *banners* e *folders*. Os corredores que aceitaram participar da pesquisa foram triados de acordo com os critérios preestabelecidos. O Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade aprovou este estudo (CAAE - 7336.3471.2.0000.5108) e todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

### **Procedimentos**

Após o processo de triagem, os participantes eram instruídos a preencher um formulário na qual apresentavam informações demográficas, esportivas e sobre a TC. Posteriormente respondiam ao questionário VISA-A com o intuito de caracterizar o nível de severidade da TC. Em seguida eram conduzidos para as medidas clínicas, na qual era avaliado o membro lesionado ou mais sintomático. As medidas clínicas deste estudo incluíram: Amplitude de Movimento (ADM) de dorsiflexão do tornozelo em Cadeia Cinética Fechada (CCF) por meio do *Weight Bearing Lunge Test* (WBLT), Alinhamento

do Pé (AP), ADM de Rotação Interna do quadril (RI), torque isométrico dos músculos Flexores Plantares do tornozelo (FP) e dos Rotadores Externos do quadril (RE).

Previamente ao estudo, foi realizado um estudo piloto na qual três examinadores foram responsáveis pelas medidas clínicas para permitir uma avaliação rápida e tornar a avaliação mais viável. Sete participantes foram incluídos nesta análise piloto. O tamanho da amostra, o intra e interexaminador do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) para cada variável são descritos na tabela 1.

INSERIR AQUI TABELA 1

#### VISA-A

Para avaliação da severidade, foi utilizado o questionário auto aplicado *Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles questionnaire* (VISA-A), já traduzido, validado e adaptado transculturalmente para o português- brasileiro (Mesquita, de Oliveira, Matoso, Filho, & de Oliveira, 2018). Ele conta com 8 questões, 3 questões referentes a dor, 2 questões à função e 2 relativas a atividade em indivíduos com TC. Seu score varia de 0 a 100 e quanto menor a pontuação maior o nível de severidade da condição, apresentando boa consistência interna ( $\alpha$  de Cronbach = 0,73-0,84) e boa confiabilidade teste reteste (ICCagreement = 0,84, intervalo de confiança a 95% = 0,71 - 0,91). Ele apresenta como mínima mudança detectável uma pontuação de 9,02 pontos (Mesquita et al., 2018; Robinson et al., 2001).

#### Dados característicos da demanda esportiva

As informações referentes à caracterização da demanda esportiva foram extraídas da ficha de avaliação. Os seguintes dados foram coletados: presença de assessoria

esportiva ou não, volume semanal de treino, qual a frequência semanal de treinamento e tempo de prática esportiva.

### Amplitude de Movimento de Dorsiflexão

A avaliação da amplitude de movimento de dorsiflexão de tornozelo em cadeia cinética fechada foi realizada através do *Weight Bearing Lunge Test* (Bennell, Talbot, Wajswelner, Techovanich, & Kelly, 1998). Foram feitas pelo menos cinco tentativas para que o sujeito avaliado alcance a máxima amplitude que será tomada para análise (Figura 1).

INSERIR AQUI FIGURA 1

Em cadeia cinética aberta (CCA), a avaliação da ADM de dorsiflexão do tornozelo foram realizadas das seguintes formas: sem descarga de peso com joelho fletido e sem descarga de peso com joelho estendido. Para avaliar a amplitude de movimento de dorsiflexão sem descarga de peso com joelho fletido (NWB-KF) foi utilizado um protocolo já descrito na literatura (Rabin & Kozol, 2010) na qual foi ilustrado de acordo com a figura 2. Diferentemente da NWB-KF, a medida da amplitude máxima de dorsiflexão com joelho estendido (NWB-EK) avaliará a interferência da flexibilidade do músculo sóleo. O sujeito permanece em decúbito ventral em uma maca com o joelho a ser avaliado totalmente estendido e a perna contralateral em flexão, abdução e rotação externa de quadril, na qual foi realizada avaliação semelhante ao NWB-KF (Figura 2).

INSERIR AQUI FIGURA 2

### Torque dos músculos rotadores externos do quadril e flexores plantares

Para avaliação da força foi utilizado o dinamômetro manual (Lafayette Instruments, IN, EUA), nas quais são utilizadas quatro Contrações Isométricas Voluntárias Máximas (CIVM) pelo participante da pesquisa, no qual a primeira foi utilizada para familiarização com o teste e as três subsequentes foram computadas para análise estatística. Cada CIVM dura cinco segundos e um descanso de 15 segundos entre as repetições. Os dados relativos ao pico de força durante as contrações coletados em quilograma foram convertidos em Newtons e posteriormente convertidos em Torque.

Ao avaliar a força dos músculos flexores plantares do tornozelo o procedimento foi realizado conforme a avaliação previamente descrita por (Fukuchi, Stefanyshyn, Stirling, Duarte, & Ferber, 2014) ilustrado na figura 3. O uso de faixas inelásticas foi utilizado com o intuito de estabilizar o atleta bem como evitar que o torque do avaliador seja somado a do avaliado (Willson & Davis, 2009). Para viabilizar a conversão em Torque o tamanho do membro (comprimento entre aspecto posterior do calcâneo e a primeira articulação metacarpofalangeana) foi coletado previamente a avaliação (Nakagawa, Moriya, MacIel, & Serrão, 2012). Para a mensuração do torque dos músculos rotadores laterais o sujeito permanece sentado, com os pés para fora da maca e com os braços cruzados conforme descrito previamente (Almeida et al., 2016) como demonstrado na figura 3. O braço de alavanca foi medido desde a interlinha articular do joelho até o maléolo medial.

INSERIR AQUI FIGURA 3

#### ADM Passiva da Rotação Interna do Quadril

A ADM passiva de Rotação Interna (RI) do quadril foi mensurada de acordo com o protocolo previamente descrito por (Carvalhais et al., 2011). Quando o participante

alcançar a posição máxima de rotação interna do quadril, o avaliador mensura a ADM, por meio de um inclinômetro, cinco centímetros abaixo da tuberosidade anterior da tíbia. A medida foi realizada 3 vezes e a média entre elas foi realizada para posterior análise (Figura 3).

### Alinhamento do pé

Os ângulos do retropé, antepé e o alinhamento perna-antepé foram utilizadas para a quantificação do alinhamento do pé de acordo com Mendonça et al., 2013). O procedimento foi realizado três vezes e foi utilizado o software de análise de imagens *Semi Motion*® para processar as fotos e ângulos mensurados. O alinhamento perna-antepé foi quantificado pelo ângulo produzido entre uma linha paralela e a linha paralela à haste metálica fixada na região do antepé. à tibia e a bissecção da tíbia. Para cada participante foi calculado a média das três avaliações de cada desfecho. Os valores positivos foram considerados alinhamento varo e valores negativos valgo (Figura 1).

### **Análise Estatística**

Inicialmente foi realizada a estatística descritiva das seguintes variáveis para caracterização dos dados: idade, IMC, sexo, dorsiflexão do tornozelo em CCA, alinhamento do pé, ADM passiva de RI do quadril, torque dos músculos flexores plantares do tornozelo e dos rotadores externos do quadril e, escore VISA-A.

Para análise da interação entre as variáveis da cadeia cinética do membro inferior com o nível de severidade da TC foi utilizada a Árvore de Classificação e Regressão, do inglês *Classification And Regression Trees* (CART). A CART é um método para a construção de um modelo não-linear e não paramétrico de predição na qual divide os dados dos nós pais para formar subconjuntos (subnós) homogêneos, melhorando a

classificação dos dados por meio de variáveis que melhor identifiquem cada subgrupo. Além disso, para lidar com valores ausentes, a CART utiliza uma série de divisões substitutas. Essas divisões podem ser usadas tanto para gerar uma pontuação de importância para cada variável, ajudando a detectar mascaramentos quanto para substituir a variável principal quando possuir valores ausentes (W.-Y. Loh, 2011; W. Y. Loh, 2014).

Para a realização da CART, as análises foram realizadas utilizando como critérios uma amostra para casos no nó pai e percentual de amostra como de regra de parada para um nó terminal com valores de 25 e 12% e a profundidade máxima da CART foi de 5. Essas estratégias foram utilizadas por conta do baixo número de participantes, evitando o excesso de ajustes na árvore (Yan-yan & Ying, 2015). Para avaliar a confiabilidade da CART, foi utilizada a validação cruzada de 10 vezes. Isso significa que o conjunto de dados é dividido em 10 partes aleatoriamente selecionadas e com distribuição equitativa de dados, na qual 90% são usadas para construir a maior árvore possível e os outros 10% são usados para obter estimativas iniciais da taxa de erro da subárvore selecionada. Esse processo é repetido 10 vezes utilizando diferentes combinações dos 9 subconjuntos de dados restantes e um subconjunto de dados 1/10 diferente para testar a árvore resultante, resultando no cálculo das taxas de erro para árvores de cada tamanho possível (Blockeel & Struyf, 2003; Machuca, Vettore, Krasuska, Baker, & Robinson, 2017). O Gini utilizado foi de 0,0001 para amplificar a homogeneidade do nó. Não foi realizada a poda da árvore para evitar o excesso de adaptação devido ao baixo número de participantes (W. Y. Loh, 2014; Machuca et al., 2017).

Como fatores influenciadores foi utilizado as variáveis torque isométrico dos músculos rotadores externos do quadril e dos músculos flexores plantares, alinhamento do pé, amplitude de movimento de rotação interna do quadril, amplitude de dorsiflexão

do tornozelo em CCA com joelho fletido e estendido e em CCF. Todos os testes foram realizados no software *SPSS 17.0 para Windows (Chicago, IL, USA)*.

## RESULTADOS

### Participantes

Um total de 25 participantes foram incluídos no estudo 80% eram do sexo masculino. A média do VISA-A dos participantes foi de 62.52 pontos. Com relação ao tipo de tendinopatia 12 participantes apresentavam sintomatologia na porção média do tendão do calcâneo e 13 apresentavam sintomatologia na região insercional. Como método de classificação, os participantes que apresentavam dor entre 2 e 6 centímetros acima da inserção de tendão do calcâneo foram identificados como TC no terço médio e aqueles que apresentavam dor no osso e na junção do tendão do calcâneo eram identificados com TC insercional (Eickler & Pomeranz, 2015). Os dados antropométricos estão reportados na tabela 2.

### Análise CART

A árvore foi desenvolvida incluindo 5 subescalas com variáveis independentes contendo 10 nodos no total. Na análise CART as variáveis: volume, frequência de treino, torque dos músculos RE do quadril, ADM de dorsiflexão do tornozelo em CCF e ADM de RI do quadril estão associadas ao nível de severidade da TC (FIGURA 2). As variáveis tempo de prática no esporte, ADM de dorsiflexão do tornozelo com joelho fletido e estendido, o torque dos músculos flexores plantares e alinhamento do pé não entraram na árvore de regressão.

A primeira variável selecionada foi o torque muscular dos RE do quadril. Participantes que apresentavam torque igual ou menor que 0,682 Nm/Kg obtiveram menor pontuação no VISA-A, com média de 51,727 pontos (nodo 1), enquanto os que tiveram maior torque obtiveram uma maior pontuação no questionário, com média de 71

pontos (nodo 2). Os participantes do nodo 1 foram dicotomizados de acordo com o teste de lunge, na qual indivíduos com ADM menor ou igual a 45,5° tiveram uma pontuação média de 45,571 no VISA-A (nodo 3) enquanto os que tiveram um maior lunge tiveram uma pontuação média de 62,5 (nodo 4). O nodo 3 foi dividido de acordo com a ADM de RI do quadril. Os participantes que tiveram ADM igual ou menor que 27 tiveram uma pontuação média de 38,750 (nodo 7), enquanto quem alcançou valores superiores a 27 obtiveram média de 54,667 pontos (nodo 8).

Quando verificamos os participantes que obtiveram maior torque dos músculos rotadores externos, pode-se observar que aqueles que tiveram volume de treino menor ou igual a 47,5 Km/semana tiveram pontuação média de 63,625 (nodo 5) enquanto aqueles que alcançaram maior volume atingiram maior pontuação no VISA-A, com 80,833 (nodo 6). Por fim, o nodo 5 foi dividido de acordo com a frequência de treino, na qual participantes com frequência semanal de treino igual ou abaixo de 3,5 tiveram um média de 80 pontos (nodo 9), enquanto quem alcançou maiores frequências obtiveram média de 53,8 pontos. Ao observar os pontos de dicotomia pode-se observar que as médias das pontuações do VISA-A têm uma diferença acima de 9 pontos entre os subgrupos.

## DISCUSSÃO

A proposta do estudo foi verificar se variáveis relacionadas ao tornozelo/pé e ao quadril estão associadas ao nível de severidade da TC em corredores de rua recreacionais. As variáveis que estavam associadas foram: torque dos músculos RE do quadril, ADM de dorsiflexão em CCF por meio do teste de lunge, ADM dos RI do quadril, volume e frequência semanal de treino.

A primeira variável analisada no modelo foi o torque dos músculos RE do quadril, na qual valores maiores que 0,68 estão associadas a menor a severidade da TC. De acordo com alguns estudos a força e o controle neuromuscular do quadril são importantes fatores contribuintes para a TC (Azevedo et al., 2009; Franettovich Smith et al., 2014; Habets et al., 2017; Karandikar & Vargas, 2011). Isso porque associa-se a TC a uma menor ativação dos músculos glúteo médio e máximo, podendo causar uma diminuição das forças que atenuam o impacto na estrutura durante a marcha (Franettovich Smith et al., 2014). Outro ponto a ser levado em consideração é que a fraqueza da musculatura rotadora externa do quadril pode levar a uma adução do quadril com rotação interna do fêmur, exacerbando a pronação e por conseguinte aumentando as cargas rotacionais no tendão (Williams, Zambardino, & Banning, 2008; Wyndow, Cowan, Wrigley, & Crossley, 2013). Essa rotação pode estar envolvida com a presença ou não da condição e com o nível de severidade da TC.

Outra variável a ser analisada é a amplitude do movimento em CCF, avaliada por meio do teste de lunge. Por ser realizado em CCF é um teste mais funcional do que os testes realizados em CCA. Também leva em consideração a flexão do joelho, o que gera uma diminuição da flexibilidade do músculo sóleo nessa posição, elevando o nível de

trabalho dessa musculatura (Wyndow et al., 2013). Em nosso trabalho pode-se observar que corredores que possuem ADM igual ou menor que  $45,5^\circ$  no teste de lunge apresentaram maior severidade da TC. Isso pode ocorrer devido a diminuição da ADM do tornozelo causando um movimento compensatório de pronação subtalar. Adicionado a isso a diminuição da ADM do tornozelo pode causar uma redução da absorção do choque durante a primeira metade do ciclo da marcha (Haglund-Åkerlind & Eriksson, 1993; Rabin et al., 2014). Outra hipótese é que o déficit de ADM de dorsiflexão pode ocorrer como consequência da condição ou pelo próprio treinamento regular realizado por muitos anos, podendo gerar um encurtamento do grupo muscular tríceps sural e consequente diminuição da ADM de dorsiflexão (Haglund-Åkerlind & Eriksson, 1993).

A ADM de rotação interna do quadril também foi associada a severidade da TC, na qual amplitude maior que  $27^\circ$  está associado a um menor nível de severidade. Nossos resultados diferem de um estudo transversal, na qual foi observado que indivíduos com TC no momento da fase de apoio obtiveram menor rotação externa da tíbia no momento da fase de apoio e maior rotação interna da tíbia imediatamente após o contato inicial e antes do apoio final quando comparado ao grupo controle. Segundo essa pesquisa, isso pode estar relacionado com um encurtamento dos músculos gastrocnêmios com posterior estresse na junção miotendínea e na porção média do tendão do calcâneo. Essa diferença pode estar relacionada com o fato de que nosso estudo realizou a medição da ADM de RI do quadril em CCA de forma passiva, enquanto esse estudo realizou em CCF com descarga de peso (Williams et al., 2008). Como trata-se de um estudo transversal em indivíduos que já possuem a TC, uma possibilidade é que um menor momento de rotação externa ocorra como forma de compensar a sua carga de reação ao solo. Isso reduz as cargas sobre os músculos que controlam a RI da tíbia, principalmente o músculo tibial

posterior, diminuindo a sobrecarga no grupo muscular tríceps sural e com isso reduzindo o nível de severidade da condição (Williams et al., 2008).

Participantes que apresentavam um volume semanal de treino acima de 47,5 Km obtiveram o menor nível de severidade da TC de acordo com o VISA-A. Em um coorte realizado com corredores recreacionais, foi observado que a distância da corrida durante um evento aumentava o risco de lesão enquanto o aumento dos quilômetros de treinamento por semana era um fator protetor (van Poppel et al., 2018). Porém em outra pesquisa, pode-se observar que uma distância de treinamento menor que 40 Km por semana era um fator protetor para o desenvolvimento da TC (Van Middelkoop et al., 2008). Por se tratar de um estudo transversal, não pudemos observar se o aumento do volume semanal foi realizado de forma progressiva ou não e até que ponto esse aumento pode ser benéfico para corredores recreacionais.

Já em relação à frequência semanal de treino, corredores que apresentavam frequência de treino em média maior que 3,5 vezes por semana tinham maior severidade da TC. Em um estudo coorte foi observado que corredores do sexo masculino com frequência de treino entre 3 e 7 vezes por semana tinham mais risco de lesão para homens e sete vezes por semana para mulheres foi associado com risco de lesão (Walter, Hart, McIntosh, & John R. Sutton, 1989). Em outro estudo, mulheres que corriam 7 vezes por semana tiveram mais chances de lesão (Taunton et al., 2003).

Ao analisar essas variáveis de treinamento em conjunto, apesar do maior volume semanal ser um fator associado a menor severidade, participantes com frequência acima de 3 vezes na semana aumentam o nível de severidade da TC. Em um estudo foi observado que em corredores recreativos a frequência de treino era menor em comparação

a atletas de elite, na qual essa frequência era compensada pelo aumento da distância em cada treino (Gordon et al., 2017). Os participantes do nosso estudo já possuíam a TC, com isso, pode ter ocorrido a diminuição da distância percorrida daqueles que já tinham uma maior severidade e uma maior perda funcional sem necessariamente a diminuição da frequência semanal.

As limitações dos nossos estudos estão relacionadas ao tamanho da amostra, isso pode gerar uma árvore muito específica para os participantes que entraram no estudo. Outra limitação é que as análises não foram realizadas separadamente entre TC na porção média e insercional e 80% da amostra eram compostas pelo sexo masculino, o que limita a generalização dos dados para a população do sexo feminino. Pesquisas futuras devem testar os pontos de corte e as interações entre as variáveis e sua capacidade de prever quais resultariam em maiores níveis de severidade da TC. Nosso estudo realizou uma análise transversal dos dados, para que haja uma relação causa e efeito das variáveis cinemáticas do quadril e tornozelo e variáveis de treino e o nível de severidade da TC é importante que estudos prospectivos sejam realizados.

## CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que as interações entre variáveis biomecânicas do quadril e tornozelo e variáveis de treinamento estão associadas ao nível de severidade da TC em corredores de rua recreacionais, especificamente torque dos músculos RE do quadril, ADM de dorsiflexão em CCF por meio do teste de lunge, ADM dos RI do quadril, volume e frequência semanal de treino.

Pesquisas futuras devem testar os pontos de corte e as interações entre as variáveis e sua capacidade de prever quais variáveis geram maiores níveis de severidade da TC. Para que haja uma relação causa e efeito das variáveis cinemáticas do quadril e tornozelo e variáveis de treino e o nível de severidade da TC é importante que estudos prospectivos sejam realizados.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, G. P. L., De Moura Campos Carvalho e Silva, A. P., França, F. J. R., Magalhães, M. O., Burke, T. N., & Marques, A. P. (2016). Relationship between frontal plane projection angle of the knee and hip and trunk strength in women with and without patellofemoral pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(2), 259–266. <https://doi.org/10.3233/BMR-150622>
- Azevedo, L. B., Lambert, M. I., Vaughan, C. L., O'Connor, C. M., & Schwellnus, M. P. (2009). Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners. *British Journal of Sports Medicine*, 43(4), 288–292. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.053421>
- Becker, J., James, S., Wayner, R., Osternig, L., & Chou, L.-S. (n.d.). *Biomechanical Factors Associated With Achilles Tendinopathy and Medial Tibial Stress Syndrome in Runners*. <https://doi.org/10.1177/0363546517708193>
- Bennell, K., Talbot, R., Wajswelner, H., Techovanich, W., & Kelly, D. (1998). Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Australian Journal of Physiotherapy*, 44(3), 175–180. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60377-9](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60377-9)
- Bittencourt, N. F. N., Meeuwisse, W. H., Mendonça, L. D., Nettel-Aguirre, A., Ocarino, J. M., & Fonseca, S. T. (2016). Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk

- factor identification to injury pattern recognition - Narrative review and new concept. *British Journal of Sports Medicine*, 50(21), 1309–1314. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095850>
- Blockeel, H., & Struyf, J. (2003). Efficient algorithms for decision tree cross-validation. *Journal of Machine Learning Research*, 3(4–5), 621–650.
- Carcia, C. R., Martin, R. L., Houck, J., Wukich, D. K., & Orthopaedic Section of the American Physical Therapy Association. (2010). Achilles pain, stiffness, and muscle power deficits: achilles tendinitis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(9). <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.0305>
- Carvalho, V. O. do C., Araújo, V. L. de, Souza, T. R., Gonçalves, G. G. P., Ocarino, J. de M., & Fonseca, S. T. (2011). Validity and reliability of clinical tests for assessing hip passive stiffness. *Manual Therapy*, 16(3), 240–245. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.10.009>
- De Jonge, S., Van Den Berg, C., De Vos, R. J., Van Der Heide, H. J. L., Weir, A., Verhaar, J. A. N., ... Tol, J. L. (2011). Incidence of midportion Achilles tendinopathy in the general population. *British Journal of Sports Medicine*, 45(13), 1026–1028. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090342>
- Dias Lopes, A., Hespanhol Junior, L. C., Yeung, S. S., & Pena Costa, L. O. (2012). What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sports Medicine*, 42(10), 891–905. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=81030999&site=ehost-live>
- Donoghue, O. A., Harrison, A. J., Laxton, P., & Jones, R. K. (2008). Lower limb kinematics of subjects with chronic Achilles tendon injury during running. *Research in Sports Medicine*, 16(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/15438620701693231>
- Eickler, R., & Pomeranz, S. J. (2015). Achilles Tendinitis. *Journal of Surgical Orthopaedic Advances*, 24(3), 198–202. <https://doi.org/10.1177/107110079201300810>
- Franettovich Smith, M. M., Honeywill, C., Wyndow, N., Crossley, K. M., & Creaby, M. W. (2014). Neuromotor control of gluteal muscles in runners with achilles tendinopathy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(3), 594–599. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000133>
- Fukuchi, R. K., Stefanyshyn, D. J., Stirling, L., Duarte, M., & Ferber, R. (2014). Flexibility, muscle strength and running biomechanical adaptations in older runners. *Clinical Biomechanics*, 29(3), 304–310. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.12.007>
- Gordon, D., Wightman, S., Basevitch, I., Johnstone, J., Espejo-Sanchez, C., Beckford, C., ... Merzbach, V. (2017). Physiological and training characteristics of recreational marathon runners. *Open Access Journal of Sports Medicine, Volume 8*, 231–241. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s141657>
- Habets, B., Smits, H. W., Backx, F. J. G., van Cingel, R. E. H., & Huisstede, B. M. A. (2017). Hip muscle strength is decreased in middle-aged recreational male athletes with midportion Achilles tendinopathy: A cross-sectional study. *Physical Therapy in Sport*, 25, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.09.008>
- Haglund-Åkerlind, Y., & Eriksson, E. (1993). Range of motion, muscle torque and training habits in runners with and without Achilles tendon problems. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(3–4), 195–199. <https://doi.org/10.1007/BF01560205>

- Hutchison, A. M., Evans, R., Bodger, O., Pallister, I., Topliss, C., Williams, P., ... Beard, D. (2013). What is the best clinical test for achilles tendinopathy? *Foot and Ankle Surgery*, *19*(2), 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2012.12.006>
- Järvinen, T. A. H., Kannus, P., Maffulli, N., & Khan, K. M. (2005). Achilles tendon disorders: Etiology and epidemiology. *Foot and Ankle Clinics*, *10*(2), 255–266. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2005.01.013>
- Karandikar, N., & Vargas, O. O. O. (2011). Kinetic Chains: A Review of the Concept and Its Clinical Applications. *PM and R*, *3*(8), 739–745. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.02.021>
- Knobloch, K., Yoon, U., & Vogt, P. M. (2008a). 671 *Foot Ankle Int Acute and Overuse Injuries Correlated to Hours of Training in Master Running Athletes*. <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0671>
- Knobloch, K., Yoon, U., & Vogt, P. M. (2008b). Acute and Overuse Injuries Correlated to Hours of Training in Master Running Athletes. *Foot & Ankle International*, *29*(7), 671–676. <https://doi.org/10.3113/fai.2008.0671>
- Kujala, U. M., Sarna, S., & Kaprio, J. (2005). Cumulative incidence of achilles tendon rupture and tendinopathy in male former elite athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *15*(3), 133–135. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000165347.55638.23>
- Loh, W.-Y. (2011). Classification and regression trees CLASSIFICATION TREES. *C*, *1*(February), 14–23. <https://doi.org/10.1002/widm.8>
- Loh, W. Y. (2014). Fifty years of classification and regression trees. *International Statistical Review*, *82*(3), 329–348. <https://doi.org/10.1111/insr.12016>
- Machuca, C., Vettore, M. V., Krasuska, M., Baker, S. R., & Robinson, P. G. (2017). Using classification and regression tree modelling to investigate response shift patterns in dentine hypersensitivity. *BMC Medical Research Methodology*, *17*(1), 120. <https://doi.org/10.1186/s12874-017-0396-3>
- Maffulli, N., Khan, K. M., & Puddu, G. (1998). Overuse tendon conditions: Time to change a confusing terminology. *Arthroscopy*, *14*(8), 840–843. [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(98\)70021-0](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(98)70021-0)
- Mahieu, N. N., Witvrouw, E., Stevens, V., Van Tiggelen, D., & Roget, P. (2006). Intrinsic risk factors for the development of Achilles tendon overuse injury: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, *34*(2), 226–235. <https://doi.org/10.1177/0363546505279918>
- Mendonça, L. D. M., Bittencourt, N. lia F. N., Amaral, G. M., Diniz, L. S., Souza, T. R., & da Fonseca, S. T. (2013). A quick and reliable procedure for assessing foot alignment in athletes. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, *103*(5), 405–410. <https://doi.org/10.7547/1030405>
- Mesquita, G. N. de, de Oliveira, M. N. M., Matoso, A. E. R., Filho, A. G. de M., & de Oliveira, R. R. (2018). Cross-Cultural Adaptation and Measurement Properties of the Brazilian Portuguese Version of the Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles (VISA-A) Questionnaire. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *1*(1), 1–24.
- Nakagawa, T. H., Moriya, É. T. U., MacIel, C. D., & Serrão, F. V. (2012). Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(9), 1747–1755.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318256903a>

- Nielsen, R. O., Rønnow, L., Rasmussen, S., & Lind, M. (2014). A prospective study on time to recovery in 254 injured novice runners. *PLoS ONE*, *9*(6).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099877>
- Rabin, A., & Kozol, Z. (2010). Measures of range of motion and strength among healthy women with differing quality of lower extremity movement during the lateral step-down test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *40*(12), 792–800.  
<https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3424>
- Rabin, A., Kozol, Z., & Finestone, A. S. (2014). Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: A prospective cohort study. *Journal of Foot and Ankle Research*, *7*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13047-014-0048-3>
- Rio, E. K., Mc Auliffe, S., Kuipers, I., Girdwood, M., Alfredson, H., Bahr, R., ... Zwerver, J. (2019). ICON PART-T 2019-International Scientific Tendinopathy Symposium Consensus: recommended standards for reporting participant characteristics in tendinopathy research (PART-T). *British Journal of Sports Medicine*, (from 2018), 1–4.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100957>
- Robinson, J. M., Cook, J. L., Purdam, C., Visentini, P. J., Ross, J., Maffulli, N., ... Khan, K. M. (2001). The VISA-A questionnaire: A valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, *35*(5), 335–341.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.35.5.335>
- Ryan, M., Grau, S., Krauss, I., Maiwald, C., Taunton, J., & Horstmann, T. (2009). Kinematic analysis of runners with Achilles mid-portion tendinopathy. *Foot and Ankle International*, *30*(12), 1190–1195. <https://doi.org/10.3113/FAI.2009.1190>
- Sharma, P., & Maffulli, N. (2006). Biology of tendon injury: healing, modeling and remodeling. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, *6*(2), 181–190.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R., & Zumbo, B. D. (2003). A prospective study of running injuries: The Vancouver Sun Run “In Training” clinics. *British Journal of Sports Medicine*, *37*(3), 239–244.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.37.3.239>
- Van Middelkoop, M., Kolkman, J., Van Ochten, J., Bierma-Zeinstra, S. M. A., & Koes, B. W. (2008). Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *18*(6), 691–697.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00768.x>
- van Poppel, D., Scholten-Peeters, G. G. M., van Middelkoop, M., Koes, B. W., & Verhagen, A. P. (2018). Risk models for lower extremity injuries among short- and long distance runners: A prospective cohort study. *Musculoskeletal Science and Practice*, *36*, 48–53.  
<https://doi.org/10.1016/j.msksp.2018.04.007>
- Walter, S. D., Hart, L. E., McIntosh, J. M., & John R. Sutton. (1989). The Ontario Cohort Study of Running-Related Injuries. *Arch Intern Med*, *149*, 27–30.
- Williams, D. S. B., Zambardino, J. A., & Banning, V. A. (2008). Transverse-plane mechanics at the knee and tibia in runners with and without a history of achilles tendonopathy. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *38*(12), 761–767.  
<https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2911>

- Willson, J. D., & Davis, I. S. (2009). Lower extremity strength and mechanics during jumping in women with patellofemoral pain. *Journal of Sport Rehabilitation, 18*(1), 76–90. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.1.76>
- Wyndow, N., Cowan, S. M., Wrigley, T. V., & Crossley, K. M. (2013). Triceps surae activation is altered in male runners with Achilles tendinopathy. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 23*(1), 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.08.010>
- Yan-yan, S. O. N. G., & Ying, L. U. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry, 27*(2), 130–135. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4466856/>

**TABELA 1.** Descrição da confiabilidade intra e inter-examinador do estudo piloto.

Variáveis	Confiabilidade intraexaminador	Confiabilidade inter- examinador
Teste de Lunge (°)	0.91	0.95
Alinhamento do pé (°)	0.94	0.92
ADM RI do quadril (°)	0.97	0.83
Torque FP do tornozelo (Nm/kg)	0.96	0.96
Torque RE do quadril (Nm/kg)	0.85	0.77
Dorsiflexão do tornozelo CCA-JF	0.958	0.817
Dorsiflexão do tornozelo CCA- JE	0.896	0.775

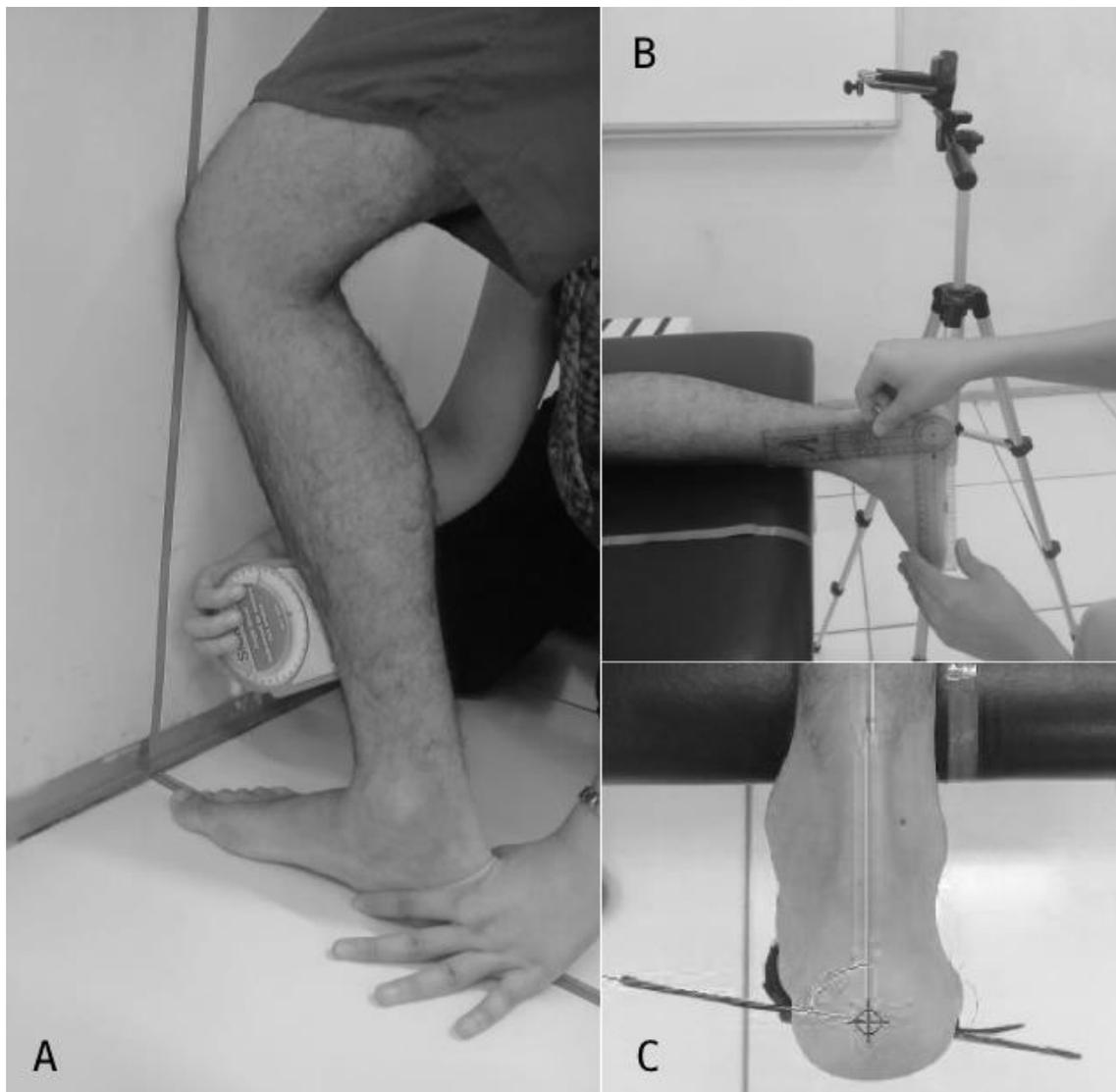
Abreviações: °= graus; N= Newtons; RI = Rotação Interna; ADM = Amplitude de Movimento; RE= Rotação Externa; FP= Flxão Plantar; CCA: cadeia cinética aberta JF: joelho fletido JE: joelho estendido.

**TABELA 2.** Descrição dos dados demográficos, relacionados ao esporte e das variáveis dependente e independentes.

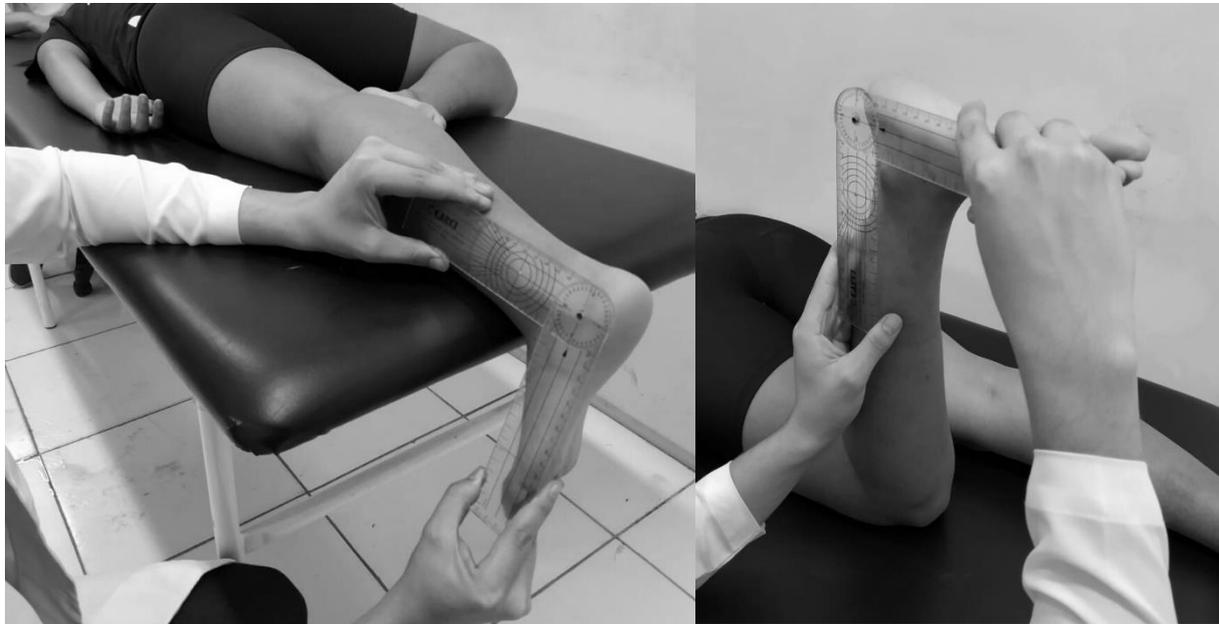
Variáveis	Min-Max	Amostra (n=25)
Idade (a)	25-55	36.84 ± 8.36
IMC	18,1-32,9	24.97 ± 3.55
Sexo (masc)	-	80%
TC (terço médio)	-	48%
Tempo de prática (me)	12-240	6.70 ± 5.48
Frequência de treino (x/s)	1-7	3.88 ± 1.45
Volume de treino (km)	15-70	36.04 ± 16.60
Duração dos sintomas (me)	1-31	9,52 ± 8,93
VISA-A	29-100	62.52 ± 17.04
<i>Weigth Bearing Lunge Test</i> (°)	20-60	44.80 ± 10.27
Dorsiflexão do tornozelo CCA-JF	12,6-34	25,05 ± 6,42
Dorsiflexão do tornozelo CCA-JE	10,6-32	20,74 ± 6,39
Alinhamento do pé (°)	-5,2-25	12.09 ± 7.76
ADM RI (°)	4-54,3	23.80 ± 13.49
Torque FP do tornozelo (Nm/kg)	0,4-1,3	0.92 ± 0.24
Torque RE do quadril (Nm/kg)	0,3-1	0.73 ± 0.17

Abreviações: Min= Mínimo; Max= Máximo; TC= Tendinopatia do Calcâneo; masc= masculino; me= meses; x/s= vezes por semana; a= anos; IMC= Índice de Massa Corpórea; °= graus; N= Newtons; CCA= Cadeia cinética aberta; JF= Joelho fletido; JE: Joelho estendido; ADM= Amplitude de Movimento; RI= Rotação Interna; RE= Rotação Externa.

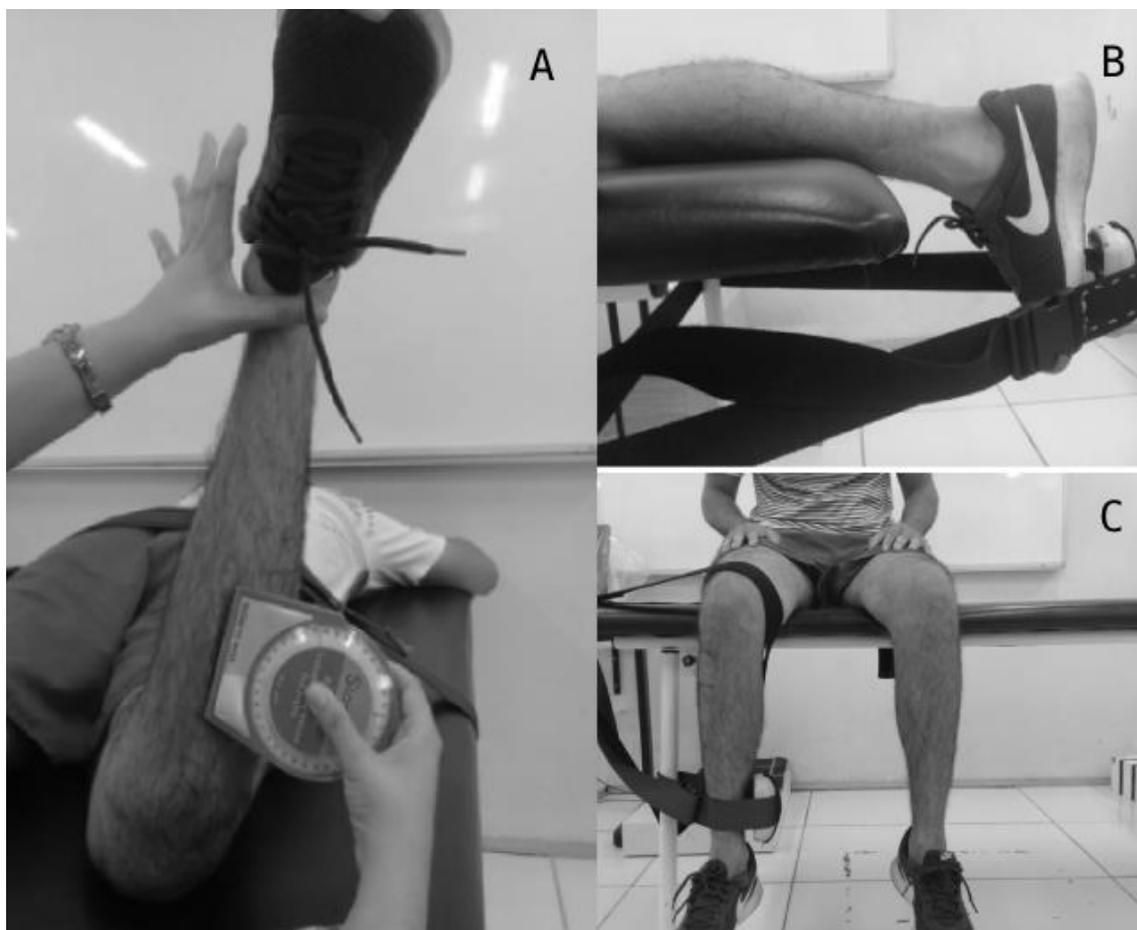
**FIGURA 1.** Quantificação da amplitude de movimento de dorsiflexão do tornozelo em CCF (A); Posição para avaliação da haste do antepé (B); Quantificação do ângulo para alinhamento do pé com software 2D (C)



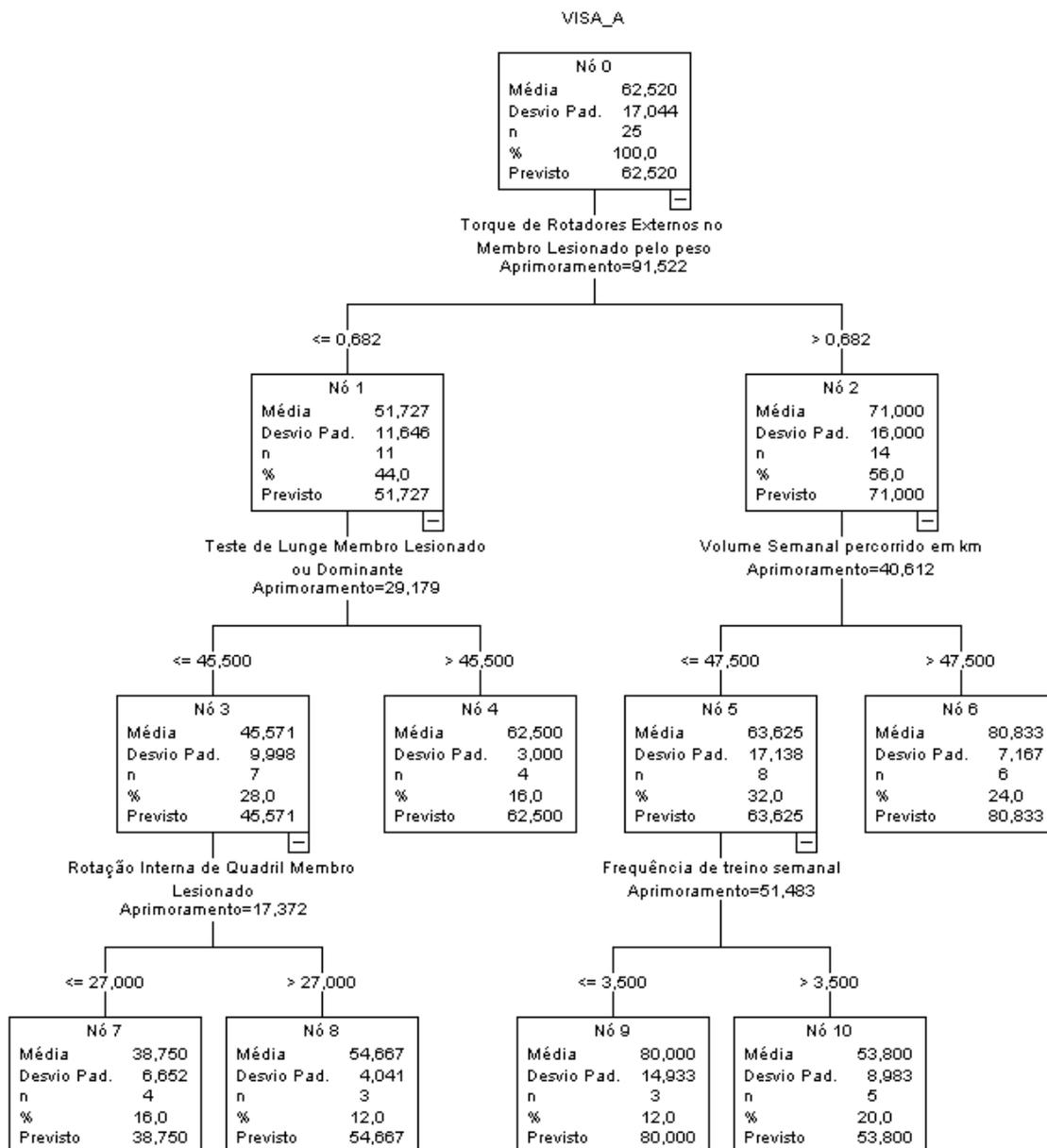
**FIGURA 2.** Avaliação da amplitude de movimento do tornozelo em CCA com joelho estendido (A); avaliação da amplitude de movimento do tornozelo em CCA com joelho fletido (B).



**FIGURA 3.** Quantificação da amplitude de movimento do quadril (A); avaliação da força dos flexores plantares do tornozelo (B); avaliação da força dos rotadores externos do quadril (C).



**FIGURA 4.** Árvore de Classificação e Regressão pra Nível de Severidade da Tendinopatia do Calcâneo.



## **DESTAQUES**

- ▲ Fraqueza quadril gera maior severidade da tendinopatia do calcâneo
- ▲ Baixa amplitude de movimento do quadril gera maior severidade da tendinopatia
- ▲ Baixa amplitude de dorsiflexão do tornozelo gera maior severidade da tendinopatia
- ▲ Volume e frequência estão associados a severidade da tendinopatia do calcâneo