

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

**EFEITOS DA LESÃO NO TENDÃO DE AQUILES: RESULTADO A LONGO
PRAZO NO TORQUE E ARQUITETURA MUSCULAR DE INDIVDUOS
SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO ACELERADA E TRADICIONAL**

Porto Alegre, 2011

ALEXANDRE MAYER

**EFEITOS DA LESÃO NO TENDÃO DE AQUILES: RESULTADO A LONGO
PRAZO NO TORQUE E ARQUITETURA MUSCULAR DE INDIVDUOS
SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO ACELERADA E TRADICIONAL**

**Dissertação de Mestrado apresentada à
Escola de Educação Física da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Ciências
do Movimento Humano.**

**ORIENTADOR:
PROF. DR. MARCO AURÉLIO VAZ**

Porto Alegre, 2011

ALEXANDRE MAYER

**EFEITOS DA LESÃO NO TENDÃO DE AQUILES: RESULTADO A LONGO
PRAZO NO TORQUE E ARQUITETURA MUSCULAR DE INDIVDUOS
SUBMETIDOS A REABILITAÇÃO ACELERADA E TRADICIONAL**

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:

PROF(A). DRA LILIAM FERNANDES DE OLIVEIRA– UFRJ

PROF. DR. DENIZAR DA SILVA MELO – PUCRS

PROF. DR. RONEI SILVEIRA PINTO - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Aos professores(a) **Denizar da Silva Melo, Ronei Silveira Pinto e Liliam Fernandes de Oliveira** pelas contribuições na qualificação do projeto e na avaliação do trabalho final.

Aos colegas da **sala 212** do LAPEX pela amizade, parceria e convívio durante este período de mestrado.

Ao Dr. **Rafael Ott**, Responsável pelas cirurgias de reconstrução do tendão de Aquiles e a toda sua equipe do Hospital São Lucas da PUCRS. Obrigado pela qualidade nos procedimentos e no cuidado com os pacientes.

À equipe de reabilitação da PUCRS (Professora **Viviane Frasson, Rafael Fortuna, Felipe Cibils, Valdirene Gambarra, Mayra Casa nova, Assunta Gasparin**) responsáveis pelos atendimentos de fisioterapia na primeira etapa do projeto Aquiles. Muito obrigado pela alta qualidade no atendimento e cuidado com os pacientes.

À atual equipe de reabilitação da PUCRS (**Camila de Souza Royer, Maiga Cordeiro Costa, Janaina Cesa, Gabriela Castelli, Tiago Willers Miotto, Bruna Machado Herberts**), responsáveis pelos atendimentos de fisioterapia atualmente na segunda etapa do projeto Aquiles, muito obrigado pela alta qualidade no atendimento e cuidado com os pacientes.

À equipe de avaliação do LAPEX, gostaria de agradecer ao colega e amigo **Jean Marcel Geremia**, pela parceria nesta etapa do mestrado e pela excelência na coleta de dados. As colegas **Raquel Lupion, Valdirene Gambarra, Mayra Casa nova** pelas coletas de dados do projeto.

Ao colega e amigo **Fernando de Aguiar Lemos** pela elaboração da rotina matemática Matlab.

Ao colega e amigo **Fabio Lanferdine** pelo auxílio na parte estatística do trabalho.

Aos professores **Denizar da Silva Melo e Emerson Soldateli Boschi**, pela importância que tiveram durante minha formação acadêmica, onde fui monitor de suas disciplinas, e isto me serviu de incentivo para buscar a vida acadêmica.

À Professora **Viviane Frasson**, pelo papel fundamental que teve em minha formação acadêmica, sendo orientadora de trabalho de conclusão de curso e sendo uma das pessoas que tenho como referência em minha profissão de fisioterapeuta.

Aos meus **colegas** da clínica **Physique**, pelo convívio e troca de conhecimento.

Ao professor **Marco Aurélio Vaz**, por ter dado a oportunidade de participar do GPBic, pelas oportunidades em participar de outros projetos e pelo empenho e dedicação desde minha entrada no grupo até a conclusão desta etapa no mestrado. Além de um excelente professor, tenho como um grande amigo, um exemplo a ser seguido profissional e na maneira de lidar com as pessoas. Muito Obrigado.

A **todos funcionários** da ESEF-UFRGS, obrigado.

Ao meu irmão e grande amigo **Adriano**, por ter sempre me incentivado, por ter estar sempre ao meu lado.

À minha esposa **Denise**, por ser minha companheira em todos os momentos e ter dedicado todo seu apoio e carinho.

Aos meus pais **Irineu e Nilva**, as pessoas responsáveis por estar finalizando esta etapa importante profissionalmente. Por todos seus esforços e incentivo para minha atualização constante, e acima de tudo pelos ensinamentos que levarei para sempre. Muito Obrigado Pai e Mãe, amo muito vocês.

**“O SUCESSO DE UMA PESSOA ESTÁ NA FORMA DE SE RELACIONAR COM OS
OUTROS”**

RESUMO

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi comparar a relação torque-ângulo do grupo muscular dos flexores plantares e a arquitetura do músculo gastrocnêmio medial entre indivíduos submetidos à sutura do tendão de Aquiles (e reabilitados por meio de protocolo de reabilitação acelerado (ACE) ou tradicional (TRA)) e indivíduos de um grupo controle (CON).

Materiais e Métodos: A amostra foi composta por 3 grupos: 2 grupos de pacientes submetidos a sutura tendão Aquiles (avaliados após 29 meses da realização da cirurgia), sendo que o grupo 1 foi composto por 10 sujeitos do grupo ACE (onde permaneciam 2 semanas imobilizados com órtese removível e após iniciaram a reabilitação por 6 semanas) e o grupo 2 foi composto por 10 sujeitos do grupo TRA (que permaneciam com bota gessada por 6 semanas e após recebiam ficha de orientação exercícios para realizar no domicílio). Já o grupo 3, CON foi composto por 10 sujeitos saudáveis sem lesão. O torque dos flexores plantares foi avaliado no dinamômetro isocinético a 30° flexão plantar (FP), 20° FP e 10° FP, a 0° e 10° flexão dorsal (FD) do tornozelo e a arquitetura do gastrocnêmio medial foi avaliada através de um ecógrafo durante o repouso e contração voluntária máxima (CVM) ambos no ângulo articular de 10° FD. Foram realizadas comparações entre os grupos (ACE, TRA, CON), entre os lados (saudável, lesão e dominante e não-dominante) e em diferentes condições (repouso e CVM). Os dados das variáveis antropométricas e questionário foram testados quanto à normalidade e homogeneidade pelos testes de shapiro-wilk e levene. Para comparações das variáveis antropométricas e questionários, além do torque no ângulo 10° FD foi realizado ANOVA Simples. ANOVA de três fatores foi utilizada para comparações da arquitetura do músculo gastrocnêmio medial. Para identificar os efeitos principais foi utilizado o teste post-hoc de Bonferroni. ANOVA para medidas repetidas com três fatores para comparações entre grupos (ACE e TRA), ângulos (30° FP, 20° FP, 10° FP, 0° e 10° FD) e lados (lesão x saudável). No caso de interação entre fatores, foi utilizado um teste t de student independente para comparação entre os ângulos e entre os lados. Foi adotado nível de significância de 0,05 para todas as análises. Para análise dos dados foi utilizado o software SPSS 17.0 .

Resultados: Após 29 meses da cirurgia de sutura do tendão Aquiles o torque dos flexores plantares a 10° FD foi semelhante quando comparado o lado lesão (grupo ACE e TRA) x lado contralateral saudável ($p > 0.05$). Menor torque dos flexores plantares a 10° FD no lado

saudável do grupo ACE ($p=0.018$) e TRA ($p=0.009$) comparado com lado dominante do grupo CON. Na relação torque ângulo foi encontrada redução de torque dos flexores plantares a 30° FP, 20° FP e 30° FP ($p<0,01$), na comparação entre lado lesão dos grupos (ACE e TRA) comparados com lado saudável, dos grupos (ACE e TRA). A arquitetura muscular, comprimento do fascículo (CF), ângulo de penetração (AP) e espessura muscular (EM) foi semelhante entre o grupo ACE e o TRA e entre os lados lesão x saudável ($p>0.05$). O lado lesão do grupo TRA apresentou menor CF comparado com lado saudável do grupo TRA ($p=0.034$) durante CVM a 10° FD. O CF apresentou redução no lado lesão do grupo TRA ao repouso ($p<0.01$) e na CVM ($p=0.011$) comparado com lado dominante grupo CON. O lado lesão do grupo ACE apresentou redução CF somente ao repouso ($p<0.01$) comparado com lado dominante grupo CON. O AP e EM foram semelhantes ($p>0.05$) entre grupos ACE, TRA e CON.

Conclusão: (1) O torque dos flexores plantares a 10° FD é semelhante entre grupo ACE e TRA e entre lado lesão e saudável; já na comparação do Torque lado saudável dos grupos ACE e TRA apresentam redução do torque comparado com o lado saudável do grupo CON; (2) na relação torque-ângulo os lados lesionados dos grupos ACE e TRA apresentam redução do torque dos flexores plantares a 30° FP, 20° FP e 10° FP comparado com lado saudável; (3) na CVM o comprimento de fascículo estava diminuído no lado lesão do grupo TRA comparado com o lado saudável, e redução no comprimento do fascículo comparado com lado dominante do grupo CON. Nas comparações repouso x CVM, foi encontrado maior comprimento de fascículo ao repouso e maior ângulo de penetração durante a CVM nos grupos ACE, TRA e CON. A espessura muscular foi semelhante (repouso x CVM) no grupo ACE, TRA e CON. (4) o grupo TRA apresentou redução de flexão plantar ativa e passiva (lado saudável e lesão) comparado com grupo ACE; (5) os grupos ACE e TRA apresentaram menor escore no questionário Thermann comparado com grupo CON. Na comparação do questionário FAOS, o grupo TRA apresentou menor escore comparado com grupo CON nos seguintes parâmetros: outros sintomas, atividade de vida diária, atividades esportivas e recreacionais e qualidade de vida em relação ao pé e tornozelo.

Palavras-chave: Ruptura tendão de Aquiles, Avaliação tornozelo, reabilitação, Músculo Esquelético, Dinamometria Isocinética, Torque.

ABSTRACT

Objective: The objective of the present study was to compare the torque-angle relation of the plantar flexor muscle group and the architecture of medial gastrocnemius muscle between patients who underwent suture of the Achilles tendon (and rehabilitated through accelerated rehabilitation protocol (ACE) or traditional (TRA)) and individuals in a control group (CON). **Materials and Methods:** The sample was composed of three groups: two groups of patients undergoing Achilles tendon suture (evaluated after 29 months of surgery), whereas the group 1 consisted of 10 individuals in the ACE group (who remained two weeks with removable brace and after beginning rehabilitation for 6 weeks) and group 2 consisted of 10 individuals in the TRA group (who remained with plaster cast for 6 weeks and after received a form of guidance to perform exercises at home). Group 3, CON, was composed of 10 healthy individuals without injury. The torque of the plantar flexors was measured using the isokinetic dynamometer at 30 ° plantar flexion (FP), 20 ° FP and 10 ° FP, at 0 ° and 10 ° dorsal flexion (FD) ankle and architecture of the medial gastrocnemius was assessed by ultrasound scans during a rest period and maximum voluntary contraction (CVM), both in a joint angle of 10 ° FD. Comparisons between the groups (ACE, TRA, CON), between the sides (healthy, injury and dominant and nondominant) and in different conditions (rest and CVM) were made. Data from anthropometric variables and from the questionnaire were tested for normality and homogeneity testing by the Shapiro-Wilk and Levene. For comparisons of anthropometric variables and questionnaires, as well as the torque angle 10 ° FD, simple ANOVA was performed. Three-factor ANOVA was used to compare the architecture of the medial gastrocnemius muscle. To identify the main effects was used Bonferroni post-hoc test. Repeated measures ANOVA with three factors for comparisons between groups (ACE, and TAR), angles (30 ° FP, 20 ° FP, 10 ° FP, 0 ° and 10 ° FD) and side (lesion versus healthy). In the case of interaction between factors, was used an independent student's t test for comparison between angles and sides. The significance level was set at 0.05 for all analysis. For data analysis was used the SPSS 17.0 software. **Results:** After 29 months of surgical suture of the Achilles tendon, plantar flexor torque at 10 ° FD was similar when comparing to the lesion side (group ACE, and TRA) versus healthy contralateral side ($p > 0.05$). Smaller torque of the plantar flexors at 10 ° FD on the healthy side of the ACE

group ($p = 0.018$) and TRA ($p = 0.009$) compared with the dominant side of the CON group. In the torque angle relation was found reduced plantar flexor torque at 30° FP, 20° FP and 30° FP ($p < 0.01$), comparing injury sides of groups (ACE and TRA) compared with the healthy side of the groups (ACE, and TRA). The muscle architecture (fascicle length (CF), penation angle (AP) and muscle thickness (EM)) was similar between the TRA and the ACE group and among the healthy versus injury ($p > 0.05$). The injury side of the TRA group had lower CF compared with healthy side of the TRA group ($p = 0.034$) during CVM at 10° FD. The CF was reduced in the injury side of TRA group at rest ($p < 0.01$) and CVM ($p = 0.011$) compared with dominant side of CON group. The injury side of the ACE group showed a decreased in CF only at rest ($p < 0.01$) compared with CON group dominant side. The AP and EM were similar ($p > 0.05$) between groups ACE, TRA and CON. **Conclusion:** (1) The torque of the plantar flexors at 10° FD is similar between groups ACE and TRA, and between injury and healthy sides; already, when compared torque of the healthy side of ACE and TRA group, is noted a torque reduction compared with the healthy side of the CON group, (2) the torque-angle relation of the injured side of groups ACE and TRA have shown reduced plantar flexor torque at 30° FP, 20° FP and 10° FP compared with the healthy side, (3) at CVM, the fascicle length was reduced in the injury side of TRA group compared to the healthy side, and fascicle length was reduced compared to the dominant side of the CON group. In comparison of rest versus CVM, was found an increased fascicle length at rest and an increased penation angle during CVM in groups ACE, TRA and CON. The muscle thickness was similar (rest versus CVM) in ACE, TRA and CON groups. (4) The TRA group showed a reduction of active and passive plantar flexion (healthy and injury side) compared to ACE group, (5) ACE and TRA groups had lower scores on the Thermann questionnaire compared to CON group. Comparing FAOS questionnaire, the TRA group had lower scores compared to CON group at the following parameters: other symptoms, activities of daily living, sports and recreational activities and quality of life in relation to foot and ankle.

Keywords: Rupture of Achilles tendon, Ankle evaluation, Rehabilitation, Skeletal muscle, Isokinetic dynamometer, Torque.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Desenho experimental simplificado com etapas dos procedimentos nos 2 grupos	36
Figura 2	Desenho experimental simplificado com etapas dos procedimentos de avaliação realizados no LAPEX	36
Figura 3	Vista lateral (esquerda) e vista superior (direita) do Método utilizado para determinar possível edema do tornozelo.	Figura 8 37
Figura 4	Medida do comprimento perna (esquerda) e do ponto de medida da perimetria da perna (direita) localizado a 30% do comprimento da perna a partir da linha articular do joelho (centro).	38
Figura 5	ADM ativa dos flexores dorsais (esquerda), posição neutra (centro) e ADM Ativa dos flexores plantares (direita) do tornozelo.	38
Figura 6	ADM Passiva dos flexores dorsais (esquerda), da posição neutra (centro) e da ADM passiva dos flexores plantares (direita) do tornozelo.	38
Figura 7	Posicionamento do sujeito na cadeira do dinamômetro para realização de contração voluntária máxima	41
Figura 8	Posicionamento da sonda de ultrassom para aquisição das imagens do músculo gastrocnêmio medial em repouso e durante uma CVM	42
Figura 9	Valores do pico de torque (média e desvio-padrão) dos músculos flexores plantares do tornozelo a 10° FD nos grupos ACE, TRA e CON	47
Figura 10	Déficit do torque isométrico dos flexores plantares nos ângulos de 10° de flexão dorsal (FD), 10° FP, 20° FP e 30° FP	48
Figura 11	Relação Torque-Ângulo (valores de torque normalizados pela média do ângulo 10° FD)	49
Figura 12	Imagem do músculo gastrocnêmio medial de um indivíduo representativa das condições repouso (superior) e CVM (inferior) a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares	51
Figura 13	Valores do comprimento do fascículo (média e desvio-padrão) do músculo gastrocnêmio normalizado pelo comprimento da perna, avaliados a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares nos grupos ACE, TRA e CON	52
Figura 14	Valores do ângulo de penação (média e desvio-padrão), avaliados a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares nos grupos ACE, TRA e CON	53
Figura 15	Valores da espessura muscular (cm) do músculo gastrocnêmio, (média e desvio-padrão), avaliados a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares nos grupos ACE, TRA e CON	53
Figura 16	Gráfico teórico ilustrativo que apresenta a Série 1 como progressão de sobrecarga ideal de forma linear e a Série 2 demonstrando aumento de carga em média a cada 3 semanas e manutenção da sobrecarga	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Característica dos participantes (média e desvio-padrão) alocados nos grupos ACE, TRA e CON	35
Tabela 2	Desempenho dos músculos flexores plantares (média e desvio-padrão) no ângulo de 10° FD, dos sujeitos do grupo ACE, TRA e CON	46
Tabela 3	Valores da Arquitetura (CF, AP e EM) do músculo gastrocnêmio medial dos grupos (ACE, TRA e CON)	50
Tabela 4	Avaliação das Medidas Antropométricas (valores apresentados com média e desvio-padrão) dos 3 grupos	55
Tabela 5	Valores de média e desvio-padrão dos escores dos questionários funcionais dos 3 grupos	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACE – Grupo Acelerado

TRA – Grupo Tradicional

CON – Grupo Controle

FP – Flexão Plantar

0° - Posição Neutra

FD – Flexão Dorsal

CVM – Contração Voluntária Máxima

CF – Comprimento Fascículo

AP – Ângulo de Penação

EM – Espessura Muscular

AOFAS – Sociedade Ortopédica Americana de Pé e Tornozelo

FAOS – Resultado pontuação para pé e tornozelo

IPAQ – Questionário de Atividade Física Internacional

PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ESEF – Escola Educação Física

LAPEX – Laboratório de Pesquisa do Exercício

ADM – Amplitude de Movimento

PO – Pós Operatório

N-Dom – Não Dominante

AER – Atividade Esportiva e Recreacional

QVPT – Qualidade de Vida em relação ao Pé e Tornozelo

AVDS – Atividades de Vida Diária

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
CAPÍTULO I	18
INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA	18
1.1 Ruptura do Tendão de Aquiles	18
1.2 Tratamento da Ruptura do Tendão de Aquiles	19
1.3 Adaptações musculares e tendíneas	20
1.4 Adaptações neurais	23
1.5 Mobilização precoce	24
1.6 Avaliação a longo prazo pós sutura do tendão de Aquiles	26
2. OBJETIVOS	28
2.1 Objetivo Geral	28
2.2 Objetivos Específicos	28
3. HIPÓTESES	29
CAPÍTULO II EFEITOS DE LONGO PRAZO NA PRODUÇÃO DE FORÇA E ARQUITETURA MUSCULAR DE INDIVÍDUOS SUBMETIDOS A REABILITAÇÃO ACELERADA E TRADICIONAL DA LESÃO NO TENDÃO DE AQUILES	30
4.1 Introdução	30
4.3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.3.1 Aspectos Éticos	32
4.3.2 Amostra	32
4.3.3 Critérios de Inclusão	35
4.3.4 Critérios de Exclusão	35
4.3.5 Procedimentos	37
4.3.5.1 Medidas Antropométricas	37
4.3.5.2 Perímetro da Perna e do Tornozelo	37
4.3.5.4 Escala Análogo Visual de Dor	39
4.3.5.5 Escalas Funcionais	39
4.3.5.6 Propriedades mecânicas musculares	40
4.3.5.7 Avaliação da arquitetura muscular	41
5. ANÁLISE DOS DADOS	43
5.1 Perimetria	43
5.2 Propriedades mecânicas musculares	43
5.3 Arquitetura muscular	44
5.4 Amplitude de movimento	44
5.5 Análise estatística	44
RESULTADOS	46
DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	64
CAPÍTULO III	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIREÇÕES FUTURAS	65
ANEXO I	75
ANEXO II	76
ANEXO III	77
ANEXO IV	78
ANEXO V	91
ANEXO VI	84
ANEXO VII	86
ANEXO VIII	77

ANEXO IX.....	89
ANEXO X.....	91
ANEXO XI.....	91

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi motivado pelo anseio de responder a seguinte questão: será que indivíduos que sofreram sutura de tendão de Aquiles retornam a condições de normalidade após um tempo mínimo de 24 meses de pós-operatório em relação a aspectos estruturais da musculatura flexora plantar do tornozelo (perimetria da perna, espessura muscular, comprimento fascicular, ângulo de penação) e em relação a aspectos funcionais (e.g. torque máximo, amplitude máxima de movimento)? Além disso, também se procurou identificar se o membro saudável desses pacientes apresentava algum déficit quando comparado com os membros saudáveis de um grupo de indivíduos sem lesão.

Para responder a essas perguntas pacientes previamente avaliados pelo Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesiologia seis meses após a cirurgia reparadora foram procurados após um período mínimo de 24 meses de pós-operatório para participar do estudo, que faz parte de um projeto de colaboração já existente entre o serviço de Ortopedia do Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), o Curso de Fisioterapia da PUCRS e o Setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O conteúdo desta dissertação é apresentado por meio de três capítulos.

O Capítulo I apresenta uma introdução geral e revisão de literatura a respeito da ruptura do tendão de Aquiles, como é realizado o tratamento para ruptura do tendão de Aquiles, quais são as adaptações musculares e no tendão que estes tecidos sofrem quando submetidos ao aumento ou redução do uso, quais os efeitos com relação à ativação muscular após imobilização, e quais os efeitos dos métodos de reabilitação precoce sobre o sistema neuromuscular desses pacientes.

O Capítulo II apresenta os principais resultados obtidos na comparação de pacientes submetidos à sutura do tendão de Aquiles e reabilitados através de dois métodos diferentes de reabilitação (acelerado e tradicional), quando comparados a um grupo de indivíduos saudáveis controle.

O Capítulo III discute algumas limitações do presente estudo, algumas possibilidades de avaliações futuras a serem realizadas com dados coletados e que não constituem parte da presente dissertação, além de discutir a possibilidade de investigações

futuras que poderiam melhor explicar a adaptação funcional de pacientes pós-ruptura do tendão de Aquiles e sugestão de métodos mais eficientes de reabilitação.

CAPITULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Ruptura do Tendão de Aquiles

O tendão de Aquiles é o maior e mais resistente tendão do corpo humano. Esse tendão é constituído pela porção distal dos músculos gastrocnêmio e sóleo, e tem como função transmitir força destes músculos à porção posterior do calcâneo determinando a flexão plantar do tornozelo. (LEPPILAHTI et al., 1996)

As rupturas agudas do tendão de Aquiles ocorrem com uma incidência estimada em 18 para cada 100.000 pessoas (LEPPILAHTI et al., 1996). Esta incidência tem aumentado nos últimos 50 anos (LEPPILAHTI et al., 1996; MAFFULLI, 1999; PAJALA et al., 2002), devido ao interesse crescente por atividades recreacionais relacionadas ao esporte. Entre 81 e 89% das rupturas tendinosas do tendão de Aquiles ocorrem durante a prática desportiva (LEPPILAHTI et al., 1998, PAJALA et al., 2002). Constituem-se numa fonte substancial de prejuízo social e funcional, afetando primariamente indivíduos adultos do sexo masculino entre a 4ª e 5ª décadas de vida.

O diagnóstico da ruptura tendinosa do Aquiles é relativamente simples, o paciente relata uma dor súbita e intensa na porção posterior do tornozelo, acompanhada por um estalido. Esta dor pode diminuir rapidamente, induzindo a sensação de uma lesão menor. O diagnóstico ao exame físico pode ser estabelecido pela presença de três achados comuns: diminuição da força de flexão plantar do tornozelo, uma depressão palpável e geralmente visível no tendão, e um teste de Thompson positivo. Este último se constitui na aplicação de pressão circunferencial à porção mais volumosa dos músculos gastrocnêmio e sóleo. (METZL et al., 2008). Com o tendão intacto, o tornozelo irá realizar a flexão plantar passivamente em resposta à compressão; com ruptura tendinosa, não ocorrerá movimento. O teste é considerado fundamental porque tanto a presença da depressão tendinosa como a mensuração da força ativa de flexão plantar do tornozelo podem ser falsamente avaliadas em um número elevado de casos. Os métodos diagnósticos auxiliares são a ultra-sonografia e a ressonância nuclear magnética. O exame radiológico simples pode ser necessário quando há suspeita de fratura associada.

Mesmo com uma história típica de ruptura durante a atividade esportiva, pode existir alguma patologia intrínseca ao tendão determinando redução de sua resistência

mecânica. Leppilahti et al. (1998) destaca que 25% dos pacientes com rupturas agudas haviam observado alguma forma de processo inflamatório prévio em seus tendões. Em um estudo histopatológico, Kannus e Jozsa (1991) observaram que em todos os tendões examinados com ruptura espontânea havia alguma evidência de patologia prévia, com 97% das alterações envolvendo degeneração mucóide, lipomatosa, isquêmica ou calcificações. Em 3% das amostras foi verificada a presença de infiltração tumoral ou artropatia inflamatória.

1.2 Tratamento da Ruptura do Tendão de Aquiles

Existe pouco consenso sobre o melhor método de tratamento para as rupturas agudas do tendão de Aquiles. O tratamento conservador preconiza a imobilização da articulação por um período variável seguido de reabilitação. O tratamento cirúrgico consiste no reparo direto dos cotos tendinosos com ou sem reforço adicional. Ambas as modalidades têm seus riscos e benefícios. Recentemente, várias metanálises e revisões quantitativas foram publicadas com o objetivo de elucidar a questão. Estes estudos de Nível I de evidência têm avaliado primariamente os índices de re-ruptura, infecção profunda e outras complicações.

Wong et al. (2002) analisaram 125 artigos em periódicos publicados na língua inglesa entre os anos de 1966 e 2000, com informações referentes a 5370 casos. Estes autores concluíram que os pacientes tratados com cirurgia e reabilitação precoce tiveram uma melhor recuperação funcional e tendência decrescente em relação às complicações relatadas.

Bhandari et al. (2002) realizaram um estudo similar analisando 273 publicações realizadas entre 1969 e 2000, e, aplicando critérios mais estritos, elegeram apenas seis para avaliação final, com um total de 448 pacientes. Houve uma taxa de re-ruptura de 13% em indivíduos tratados conservadoramente comparados a 3% naqueles tratados com cirurgia. A taxa de infecção profunda dos pacientes operados foi de 5%. O tratamento cirúrgico parece ser a melhor opção de tratamento e vem sendo indicado como primeira escolha nos indivíduos ativos ao longo dos últimos 30 anos no Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital São Lucas da PUCRS, (OTT, 2010). O tratamento conservador está reservado aos pacientes idosos ou com co-morbidades que impliquem em risco elevado de complicações trans e pós-operatórias (por ex. neuropatias ou infecção ativa).

O princípio básico do tratamento cirúrgico é a restauração durável da continuidade do tendão rompido, proporcionando uma cicatrização em posição fisiológica e a restauração da função muscular. No pós-operatório, a articulação e a tenorrafia são protegidos e imobilizados com aparelho gessado por seis semanas, após as quais se inicia um programa de exercícios. Não se questiona os benefícios deste método, principalmente nos pacientes sem condições ideais de suporte domiciliar para os cuidados pós-operatórios, pois o gesso assegura a estabilidade do tecido suturado, protegendo-o de eventuais traumatismos ou quedas. Porém, sabe-se que a imobilização de qualquer articulação leva a perdas musculares e dos tecidos moles em torno da articulação. Estruturas esqueléticas formadas por tecidos conjuntivos fibrosos densos, como ligamentos e tendões, e músculos esqueléticos são sensíveis tanto ao treinamento quanto ao uso reduzido por imobilização. A supressão das cargas ou imobilização articular produz uma deterioração rápida nas propriedades bioquímicas e mecânicas dos tendões, além de perda da massa muscular (sarcopenia).

1.3 Adaptações musculares e tendíneas

O músculo-esquelético apresenta uma grande capacidade de adaptação a diferentes estímulos. Os efeitos do treinamento desportivo (HERZOG et al., 1991), da redução da gravidade (CAIOZZO et al., 1994), ou da imobilização de um segmento (GONDIN et al., 2004) sobre as propriedades ativas do músculo esquelético, são exemplos que demonstram que o músculo se adapta às demandas que lhe são impostas cronicamente (HERZOG, 1996).

A imobilização de segmentos corporais é uma conduta freqüente na área médica, utilizada desde o início do século XX com o objetivo de recuperar fraturas ósseas e tecidos que sofreram algum tipo de lesão (LIEBER, 2002). Entorses articulares e processos inflamatórios nos tendões por esforços repetitivos são exemplos que utilizam esta metodologia de redução do uso do sistema músculo-esquelético. Apesar de alguns benefícios, como a proteção e prevenção de rupturas dos tecidos em fases iniciais de cicatrização até a restauração de sua integridade, a imobilização tem como principal consequência a redução na capacidade de produção de força muscular decorrente de perda de massa muscular (VAZ et al., 2004).

As lesões envolvendo a articulação do tornozelo são muito frequentes durante as práticas desportivas de competição ou recreacionais, representando 15% de todas as lesões ocorridas durante a atividade física (PALMIERI et al., 2004). Na maioria dos casos, dependendo do grau e tipo de lesão, o tratamento é conservador, com subsequente imobilização da articulação acometida, redução parcial da carga sobre o segmento, e repouso para o restabelecimento das estruturas acometidas (WEXLER, 1998). Em consequência da redução da sobrecarga mecânica e da capacidade do músculo de se encurtar e de se alongar, da redução da mobilidade articular, e da influência desses fatores de forma combinada, uma importante perda na função muscular é observada nos indivíduos após a imobilização por engessamento, por exemplo.

Assumindo-se, portanto, que a adaptação funcional ocorre quando o músculo é submetido a uma demanda funcional específica (FRAÇÃO e VAZ, 2000), pode-se considerar que a redução na atividade, determinada pela diminuição na sobrecarga durante um período de imobilização, produzirá adaptações estruturais e funcionais ao nível do tecido muscular.

Estas adaptações ocorrem devido à alta plasticidade do tecido muscular, podendo apresentar ganhos ou perdas de tecido contrátil conforme a variação de carga imposta (NARICI, 1999). A remoção de carga imposta decorrente do desuso e/ou imobilização pode reduzir o número de sarcômeros dispostos em série e/ou em paralelo (NARICI e CERRETELLI, 1998), parâmetros diretamente relacionados com a arquitetura muscular.

Entende-se por arquitetura muscular o arranjo geométrico com o qual as fibras são dispostas em relação à linha de ação da força produzida no músculo (LIEBER e FRIDÉN, 2000). Quando as fibras estão dispostas paralelamente ao eixo de produção de força do músculo, este se caracteriza como um músculo em paralelo, enquanto que os músculos que apresentam as fibras dispostas obliquamente formando um ângulo em relação à linha de ação muscular são chamados de músculos penados (LIEBER e FRIDÉN, 2000; NARICI, 1999). O comprimento do fascículo e a espessura muscular estão relacionadas com a quantidade de sarcômeros dispostos em série e em paralelo (NARICI, 1999).

Estes parâmetros influenciam diretamente as relações força-comprimento e força-velocidade, evidenciando a estreita vinculação da arquitetura muscular com a capacidade de geração de força e velocidade de encurtamento (NARICI, 1999). Isso ressalta a importância da verificação das mudanças na arquitetura muscular decorrentes de atrofia por desuso/imobilização, sobretudo através de técnicas não invasivas, como o uso da ultra-

sonografia. Com os avanços na área da biomecânica através da avaliação por ultrasonografia dos músculos esqueléticos *in vivo*, a comunidade científica tem dado uma importante atenção para o que se convencionou chamar de unidade músculo-tendão.

A redução na Área de Seção Transversa (AST) do músculo de indivíduos imobilizados parece explicar a diminuição na capacidade de produção de força verificada nestes sujeitos (VAZ et al., 2004). De fato, a AST possui uma alta correlação com a capacidade de produção de força muscular, variando substancialmente entre os músculos do corpo humano com diferentes características arquitetônicas (LIEBER, 2002).

Uma das características da arquitetura muscular que influenciam a AST é o ângulo de penação (LIEBER e FRIDÉN, 2000). Evidências mostram que em músculos hipertrofiados o ângulo de penação encontra-se significativamente aumentado (KAWAKAMI et al., 1993). Da mesma forma, os homens apresentam maiores ângulos de penação quando comparados às mulheres (KUBO et al., 2003b), e a redução no ângulo de penação decorrente do desuso, microgravidade e envelhecimento parece estar associada à diminuição da área de seção transversa fisiológica. (KUBO et al., 2003b; NARICI et al., 2003).

Embora a AST seja um parâmetro arquitetônico complexo de ser mensurado *in vivo*, a espessura muscular também pode ser utilizada como um marcador estrutural deste tecido. Sabe-se que indivíduos imobilizados apresentam reduções na massa muscular do segmento engessado devido à atrofia dos músculos (LIEBER, 2002).

A atrofia muscular possui uma etiologia complexa, causada por mudanças neuropáticas que culminam na morte dos motoneurônios, seguida por alterações no metabolismo oxidativo da célula, relacionados com a atividade da enzima superóxido dismutase e apoptose celular. Aspectos relacionados com a nutrição, fatores hormonais e imunológicos também estão envolvidos, tais como a deficiência de vitamina D, a diminuição na secreção ou resistência a ação de hormônios anabólicos como hormônio do crescimento, testosterona e IGF-1 (*Insulin Like Growth Factor*), bem como um aumento na atividade catabólica pelos níveis aumentados de interleucinas, fator TNF- α (*Tumor Necrosis Factor*) e miostatina (NARICI et al., 2005).

Da mesma forma, o comprimento dos fascículos musculares, em função de representar indiretamente o número de sarcômeros em série, é um parâmetro bastante importante do ponto de vista morfológico e que funcionalmente influencia as propriedades

mecânicas do músculo de maneira importante (HERZOG et al., 1991; LIBER e FRIDÉN, 2000). Músculos com comprimentos de fibras maiores produzem mais força a maiores comprimentos e a maiores velocidades (LIEBER e FRIDÉN, 2000), o que influencia, portanto, a capacidade de realizar atividades físicas pelo indivíduo.

Além do músculo esquelético, o tendão é um tecido altamente adaptável às demandas que lhe são impostas (KUBO et al., 2000; KASASHIMA et al., 2002; BARONE et al., 2009; SEYNNES et al., 2009). Dessa forma, a redução do uso causada pela imobilização pode alterar a morfologia tendínea. Kannus et al. (1997) afirmam que a imobilização provoca atrofia do tendão. Entretanto, estes autores afirmam que, devido a um metabolismo reduzido e pouca vascularização, estes tecidos sofrem menos os efeitos do uso reduzido quando comparados com o músculo esquelético. Segundo Józsa (1984), após um período de redução de uso, as fibras de colágeno começam a ficar mais finas e desorientadas, sendo possível observar, microscopicamente, fendas longitudinais e angulações anormais nestas fibras. Como resultado de tais adaptações, ocorre diminuição do peso do tendão, assim como redução na capacidade de produção de força tensional e rigidez (KANNUS et al., 1997). Tais alterações afetam diretamente a funcionalidade tendínea e a força transmitida pelo músculo ao osso, alterando, portanto, também o torque muscular.

1.4 Adaptações neurais

O uso reduzido causado pela imobilização, além de afetar a estrutura muscular e tendínea, também altera a capacidade de ativação do músculo esquelético. Fournier et al. (1983) imobilizaram por 28 dias a pata traseira de ratos e encontraram redução significativa do sinal eletromiográfico dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial. Entretanto, esta redução não foi igual entre os grupos. O músculo sóleo, considerado com predominância de fibras lentas, sofreu maior redução do sinal eletromiográfico (77%) quando comparado com o músculo gastrocnêmio medial (50%), considerado predominantemente de fibras rápidas. Tais achados mostram que músculos com predominância de fibras lentas sofrem os maiores efeitos da redução do uso causado pela imobilização, quando comparados com músculos de contração rápida, inclusive na capacidade ativação muscular.

Gondin et al. (2004) estudaram a resposta eletromiográfica dos músculos sóleo e

gastrocnêmio medial em humanos saudáveis, após duas semanas de imobilização. Houve uma redução de 22% no sinal eletromiográfico do músculo sóleo, enquanto não foi observada nenhuma alteração significativa na atividade elétrica do músculo gastrocnêmio medial. Segundo os autores, o músculo sóleo sofreu tal redução por ser monoarticular. O músculo gastrocnêmio medial, por ser biarticular, teve sua função preservada, uma vez que participa também do movimento de flexão do joelho. Uma redução na capacidade de ativação muscular também foi encontrada no estudo de Hortogágyi et al. (2000). Após três semanas de imobilização da articulação do joelho, foi encontrada redução na atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral (38%) e do músculo vasto medial (43%). Como uma redução na atividade eletromiográfica tem sido relacionada com uma redução na capacidade de produção de força, a imobilização e os modelos de redução de uso implicam em uma redução da capacidade de produção de força. Apesar de não ser uma relação linear (ou seja, a quantidade de redução de ativação não está linearmente relacionada com a força reduzida), essa redução da ativação decorrente da imobilização tem influência sobre a arquitetura muscular e o torque muscular.

Portanto, a redução do uso causada pela imobilização afeta diretamente o sistema neuromuscular, levando a uma redução na capacidade de produção de força muscular. Uma das maneiras de evitar os possíveis efeitos deletérios deste período de redução do uso seria modificar o tempo de imobilização e descarga do membro operado. Esses conceitos já vêm sendo preconizados por alguns autores que sugerem a redução no tempo de imobilização e aceleração do retorno funcional do paciente a uma condição de saúde.

1.5 Mobilização precoce

Uma alternativa para a imobilização gessada da articulação do tornozelo no pós-operatório da ruptura do tendão de Aquiles é a utilização de uma órtese removível que mantenha o tornozelo em posição neutra, permitindo sua retirada para a realização de exercícios.

Alguns autores vêm preconizando a utilização da mobilização e apoio precoce na reabilitação de pacientes tratados com cirurgia (CETTI et al., 1994; MORTENSEN et al., 1999; MAFFULLI et al., 2003; MAYER et al., 2010). Com objetivo de avaliar se esta técnica aumenta a satisfação do paciente sem aumentar o índice de re-rupturas, Suchak et al. (2006) realizaram uma metanálise de seis estudos envolvendo 315 pacientes acometidos

por essa lesão. Esses autores concluíram que o tratamento funcional precoce (mobilização e apoio precoce) aumenta os índices de satisfação subjetivos dos pacientes sem diferença na taxa de re-rupturas (estudos de nível de evidência II).

Protocolos de reabilitação cada vez mais precoces são sugeridos para que os pacientes possam retornar às suas atividades diárias o mais rápido possível, sem que haja danos a estes pacientes. Yotsumoto et al. (2010) utilizaram sutura do tendão com trançado de polietileno com elevada resistência à tração no processo cirúrgico do tendão de Aquiles de 20 pacientes, e subsequente processo de reabilitação precoce. Durante a reabilitação nenhuma fixação do tornozelo foi aplicada. Um dia após a cirurgia os pacientes já começaram a mobilização passiva e ativa do tornozelo, tendo como fator limitante a dor. O apoio parcial do peso corporal durante a caminhada com muletas começou a partir da primeira semana após a cirurgia, mas somente após o tornozelo atingir a posição neutra ou maiores graus de flexão dorsal. O exercício de caminhada com apoio total do peso e com auxílio de muletas foi utilizado a partir da quarta semana de pós-operatório. A partir de seis semanas de pós-operatório, foi iniciado exercício bipodal de elevação do calcanhar. A amplitude de movimento retornou a níveis semelhantes do membro saudável, em aproximadamente 3,2 semanas. Os pacientes retornaram às suas práticas esportivas ou ao trabalho pesado em aproximadamente 14,4 semanas, sem que houvesse qualquer complicação. Esses resultados sugerem que uma sutura resistente do tendão de Aquiles, associada com a mobilização precoce, permitem um retorno rápido à vida normal e às atividades esportivas.

Assumindo-se, portanto, que a imobilização de um segmento no pós-operatório de uma cirurgia de reconstrução do tendão de Aquiles produz alterações na estrutura (arquitetura) muscular e tendínea, além de redução na capacidade de ativação muscular, e que estes fatores acarretam alterações na produção de força do músculo e do tendão, e também assumindo que a redução do período de inatividade durante o período pós-operatório, decorrente de um protocolo acelerado de reabilitação, pode minimizar os efeitos deletérios da imobilização de maneira a produzir um restabelecimento mais rápido da função muscular, seria de se esperar alterações estruturais-funcionais benéficas em um grupo de indivíduos que participe de tal programa de reabilitação. No entanto, não foi encontrado na literatura nenhum estudo que tenha avaliado sistematicamente essas alterações estruturais-funcionais em pacientes acometidos por esse tipo de lesão durante o período pós-operatório e de reabilitação.

1.6 Avaliação a longo prazo pós sutura do tendão de Aquiles

Após reconstrução do tendão de aquiles em média os pacientes são liberados com 6 meses de pós operatório para suas atividades esportivas. No entanto, são poucos os estudos que realizam avaliações a longo prazo pós ruptura aguda do tendão e não encontramos estudos a longo prazo fazendo comparações entre diferentes métodos de reabilitações, nestes estudos os resultados são apresentados entre lado operado e não operado.

No estudo de Horstmann et al. (2000) foram avaliados 63 pacientes 10.8 anos após a reconstrução do tendão de Aquiles e após imobilizados por 6 semanas. O estudo não apresentou diferença significativa na média do pico de torque entre lado lesão x saudável nos testes excêntrico (60°/s), isométrico (0°) e concêntrico (60°/s, 180°/s) para flexores plantares e dorsiflexores do tornozelo. O trabalho apresentou redução no lado operado 516 J comparado com lado não-operado 634 J (P<0,001). A circunferência da musculatura da panturrilha foi mensurada a 15 cm da linha articular do joelho (-1,1 cm) e a amplitude de movimento de flexão plantar (-3,5°) e de flexão dorsal (-1,9°) apresentaram redução comparando lado operado x não operado (P<0,001).

Mullaney MJ. et. al. (2006) avaliaram 20 pacientes pós reconstrução do tendão Aquiles com média de 1,8 anos de pós-operatório, variando de 6 meses a 9 anos. O torque dos flexores plantares máximo isométrico foi avaliado a 20° FP, 10° FP, 0° e a 10° FD e 20° FD. O déficit percentual de força (em relação a perna não envolvida) foi calculado em cada ângulo. Encontraram redução do torque dos flexores plantares no lado envolvido em 20° FP e 10° FP (déficit de 34% e 20%, respectivamente, p<0,001), sem déficits de torque evidentes em outros ângulos (6% em 0°, 3% a 10° FD e 0% em 20° FD). A amplitude de movimento de FD foi mensurada com goniômetro, não foi encontrada alteração no movimento de FD entre lado envolvido e não envolvido (p=0,07). A rigidez articular passiva foi avaliada a partir do aumento do torque passivo entre 10° FD e 20° FD, antes da realização do torque isométrico. O lado envolvido apresentou redução do torque passivo de 34% (p<0,01).

1.7 Análise Crítica da Literatura

A Ruptura aguda do tendão de Aquiles afeta negativamente as propriedades mecânicas musculares e tendíneas. A literatura mostra que a redução do uso causada pela

lesão no tendão de Aquiles seguida de imobilização pode retardar a recuperação do tendão após este tipo de lesão. A mobilização precoce parece ser um caminho interessante para o tratamento de pacientes submetidos à cirurgia após ruptura do tendão de Aquiles. Esse tipo de tratamento parece possibilitar um retorno funcional mais precoce e em melhores condições para os pacientes, uma vez que melhora a qualidade de vida destes sujeitos, aumentando, assim, o índice de satisfação. Após a reconstrução do tendão de Aquiles estes pacientes são liberados para atividade física em média após 6 meses de PO. No entanto, são poucos os estudos com avaliações a longo prazo (acima de 1 ano de PO) que tenham avaliado a função de pacientes e se estes retornaram à condição de normalidade. Não encontramos na literatura estudo que tenha avaliado à longo prazo e comparado 2 diferentes métodos de reabilitação (ACE e TRA). Além disso, os estudos que utilizam protocolos acelerados são pobres em informações quanto ao tipo de exercício, progressão utilizada e nível de sobrecarga utilizado durante o período de reabilitação, tornando em muitos casos, os procedimentos utilizados subjetivos.

Não encontramos na literatura estudo com pacientes pós-reconstrução do tendão de Aquiles, em que tenham sido avaliadas as propriedades musculares através de imagens da arquitetura muscular (CF, AP e EM), a fim de observar possíveis adaptações musculares após serem submetidos a dois diferentes métodos de reabilitação. Não encontramos estudos que tenham avaliado pacientes pós reconstrução tendão Aquiles e terem avaliado através dos questionários AOFAS, Thermann, FAOS e IPAQ, o nível de satisfação e a condição funcional que se encontram e o nível de atividade física atual.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é avaliar a longo prazo (após no mínimo 24 meses da sutura) e comparar as propriedades mecânicas dos músculos flexores plantares, assim como a arquitetura do músculo gastrocnêmio medial entre pacientes submetidos a tratamento tradicional e pacientes submetidos a tratamento acelerado após a sutura do tendão de Aquiles, e um grupo controle com indivíduos sem lesão.

2.2 Objetivos Específicos

1. Comparar o torque dos flexores plantares da articulação do tornozelo a 10° FD entre pacientes submetidos a tratamento tradicional e pacientes submetidos a tratamento acelerado após no mínimo 24 meses da sutura do tendão de Aquiles, e desses pacientes com o torque dos indivíduos do grupo controle.
2. Comparar a relação torque-ângulo dos flexores plantares do tornozelo entre pacientes após no mínimo 24 meses da sutura do tendão de Aquiles comparando o lado operado com o lado contralateral saudável.
3. Comparar a geometria (ângulo de penação, comprimento fascicular, espessura muscular) do músculo gastrocnêmio medial entre pacientes submetidos a tratamento tradicional e pacientes submetidos a tratamento acelerado após no mínimo 24 meses da sutura do tendão de Aquiles, e entre esses pacientes e indivíduos de um grupo controle. Comparar a arquitetura do músculo gastrocnêmio medial em repouso e CVM nos 3 grupos.
4. Comparar a funcionalidade do tornozelo por meio da amplitude de movimento ativa e passiva do tornozelo, método figura em 8 para avaliar edema de tornozelo, perimetria (local de maior volume muscular dos flexores plantares), e questionários funcionais AOFAS, Thermann, FAOS e IPAQ entre pacientes submetidos a tratamento tradicional e pacientes submetidos a tratamento acelerado após no mínimo 24 meses da sutura do tendão de Aquiles, com os indivíduos do grupo controle.

3. HIPÓTESES

1. Pacientes avaliados a longo prazo que foram tratados cirurgicamente após ruptura aguda do tendão de Aquiles, submetidos a protocolo de reabilitação acelerado apresentam aumento no torque dos flexores plantares a 10° FD quando comparados a pacientes submetidos a protocolo tradicional. O lado saudável dos grupos acelerado, tradicional e controle (dominante e não-dominante) não apresentam diferença no torque a 10° FD.
2. Pacientes avaliados a longo prazo que foram submetidos a sutura do tendão de Aquiles apresentam menor torque dos flexores plantares na relação torque-ângulo a 30° FP, 20° FP, 10° FP, 0° e 10° FD comparado com lado saudável.
3. Pacientes avaliados a longo prazo que foram submetidos a protocolo acelerado apresentam menores perdas no AP, menores reduções no CF e menores perdas EM do músculo gastrocnêmio medial quando comparados a pacientes submetidos a protocolo TRA. O lado saudável do grupo ACE, TRA e CON (Dominante e Não-Dominante) não apresentam alterações na arquitetura muscular (AP, CF e EM) do músculo gastrocnêmio medial.
4. Pacientes avaliados a longo prazo do grupo ACE, TRA e CON, não apresentam alteração na ADM ativa e passiva do tornozelo, edema de tornozelo e perimetria no local de maior volume muscular do tríceps sural. Pacientes do grupo ACE apresentam maiores valores dos escores funcionais e níveis de satisfação obtidos a partir dos questionários AOFAS, Thermann e FAOS quando comparados com grupo TRA. O grupo CON apresenta maiores escores quando comparado com grupo ACE e TRA.

CAPÍTULO II

EFEITOS DE LONGO PRAZO NA PRODUÇÃO DE FORÇA E ARQUITETURA MUSCULAR DE INDIVÍDUOS SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO ACELERADA E TRADICIONAL DA LESÃO NO TENDÃO DE AQUILES

4.1 Introdução

O tendão de Aquiles é o maior e mais resistente tendão do corpo humano, e é formado pela porção distal dos músculos gastrocnêmios e sóleo, e tem a função de transmitir força desses músculos à porção posterior do calcâneo determinando a flexão plantar do tornozelo (LEPPILAHTI et al., 1996). Rupturas agudas do tendão de Aquiles ocorrem na população adulta com uma incidência estimada em 18 para cada 100.000 pessoas. Esta incidência tem aumentado notavelmente nos últimos 50 anos devido ao interesse crescente em atividades recreacionais relacionadas com o esporte (LEPPILAHTI et al., 1996; PAJALA et al., 2002). Entre 81 e 89% das rupturas tendinosas do tendão de Aquiles ocorrem durante a prática desportiva (PAJALA et al., 2002; LEPPILAHTI et al., 1998), afetando primariamente indivíduos adultos do sexo masculino entre a 4ª e 5ª décadas de vida. A ruptura geralmente acontece na porção distal do tendão, entre 3 e 5 cm do calcâneo, pois é uma zona de menor vascularização podendo levar à isquemia e degeneração (MOUTINHO et al., 1989; NERY et al., 1997).

O tratamento da ruptura do tendão de Aquiles ainda é controverso, geralmente classificado em não cirúrgico ou cirúrgico. O tratamento não cirúrgico preconiza a imobilização da articulação por um período variável de aproximadamente 45 dias podendo levar a complicações como artrofibrose, atrofia do tríceps sural, trombose venosa profunda, necrose da pele e aderências. (METZIL et al., 1998) O tratamento cirúrgico consiste no reparo direto dos cotos tendinosos com ou sem reforço adicional.

Após o reparo cirúrgico, um programa de reabilitação tradicional é geralmente utilizado. Este programa consiste na imobilização do tornozelo, por meio de uma tala gessada, sendo retirada na sexta semana de pós-operatório (KANGAS, 2007; MAFFULLI et al., 2003). Entretanto, apesar da imobilização auxiliar no processo de cicatrização do tendão, esta leva a uma redução do uso do músculo esquelético.

A musculatura esquelética é altamente adaptável às demandas que lhe são impostas (FRAÇÃO e VAZ, 2000). Tais adaptações resultam em alterações na estrutura muscular (VELDHIZEN et al., 1993). Um dos parâmetros afetados pela redução do uso causada pela imobilização é a arquitetura muscular (NARICI e CERRETELLI, 1998). Entende-se por

arquitetura muscular o arranjo geométrico com o qual as fibras são dispostas em relação à linha de ação da força produzida pelo músculo (LIEBER e FRIDEN, 2000). Entre as principais variáveis da arquitetura muscular estão o comprimento do fascículo, também considerado como sendo o comprimento da fibra, o ângulo de penação deste e a espessura do músculo (NARICI, 1999; FUKUNAGA et al., 1997). O comprimento do fascículo e o ângulo de penação estão relacionados diretamente com o número de sarcômeros em série e em paralelo, respectivamente, enquanto que a espessura do músculo reflete as alterações ocorridas nestas duas variáveis.

A redução do uso está relacionada à hipotrofia do músculo, bem como a redução no comprimento do fascículo e ângulo de penação do membro operado quando comparado com o membro saudável. A redução destes parâmetros relacionados com a arquitetura muscular promove redução na produção de força do músculo, acarretando prejuízos funcionais (NARICI e CERRETELLI, 1998).

Uma das maneiras de evitar os possíveis malefícios deste período de redução do uso seria modificar o tempo de imobilização e descarga do membro operado. Uma alternativa para a imobilização gessada da articulação do tornozelo no pós-operatório da ruptura do tendão de Aquiles é a utilização de uma órtese removível que mantenha o tornozelo em posição neutra, permitindo sua retirada para a realização de exercícios.

Diversos autores vêm preconizando a utilização da mobilização e apoio precoce na reabilitação de pacientes tratados com cirurgia (CETTI et al., 1994; MORTENSEN et al., 1999; BLAZEVIK, 2006; MAYER et al., 2010).

4.2 Problema de Pesquisa

Há diferença nas propriedades mecânicas dos músculos flexores plantares, assim como a arquitetura do músculo gastrocnêmio medial entre pacientes submetidos a tratamento TRA e pacientes submetidos a tratamento ACE após a sutura do tendão de Aquiles e avaliados a longo prazo (após no mínimo 24 meses da sutura).

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS

4.3.1 Aspectos Éticos

Este estudo caracteriza-se como um estudo multicêntrico, longitudinal e controlado, envolvendo o Serviço de Ortopedia do Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), o Curso de Fisioterapia da PUCRS e o Setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Todos os procedimentos foram aprovados pelos Comitês de Ética em Pesquisa da PUCRS (ANEXO I) (Parecer no. 07/04008) e da UFRGS (Pareceres no. 2007879 e 2007882) (ANEXO II e III).

4.3.2 Amostra

O tamanho amostral foi determinado com base no fato do presente estudo fazer parte de um projeto “guarda-chuva” maior que tem por objetivo estudar as adaptações estruturais e funcionais da unidade músculo-tendão de pacientes submetidos a sutura do tendão de Aquiles e que foram alocados a dois grupos distintos que foram submetidos a dois protocolos distintos de reabilitação. A primeira etapa desse projeto consistiu na avaliação dos efeitos desses protocolos com um período máximo de seis meses de pós-operatório. A segunda etapa constitui a etapa do presente estudo, na qual estamos tentando abordar os efeitos de longo prazo (um período mínimo de 24 meses de pós-operatório - PO) desses pacientes que sofreram a ruptura do tendão de Aquiles e que foram submetidos a diferentes protocolos de reabilitação. Em função disso, o tamanho amostral ficou limitado ao número máximo de pacientes que aceitaram participar e/ou que foram localizados para participar dessa segunda etapa. Por esse motivo, não foi possível utilizar um cálculo amostral para a definição do número mínimo de sujeitos necessários para cada grupo.

Em função disso, a amostra foi constituída por trinta sujeitos alocados em três grupos distintos, com um número de 10 sujeitos por grupo. Esse número de sujeitos é semelhante ao do estudo de Mullaney et al. (2006), que utilizou uma amostra de 20 pacientes com ruptura do tendão de Aquiles, com o objetivo de avaliar alteração na produção de força em longo prazo. Além disso, um dos pontos positivos da escolha amostral é o fato de que os 20 pacientes com ruptura de tendão de Aquiles (com média de 29 meses do PO) foram submetidos à mesma técnica de sutura tendínea (técnica de sutura

direta de Krackow et al. (1986) realizada pelo mesmo cirurgião. Além disso, todos os pacientes alocados nos grupos tradicional e acelerado receberam os mesmos procedimentos em seus respectivos programas de reabilitação pela mesma equipe de fisioterapia. Portanto, tivemos estes cuidados metodológicos a fim de evitar possíveis fatores intervenientes em nossos resultados.

Trinta indivíduos do sexo masculino constituíram a amostra (características apresentadas na tabela 1), sendo que dois grupos de 10 indivíduos cada foram formados por indivíduos que sofreram ruptura total do tendão Aquiles e foram submetidos à sutura deste tendão no Hospital São Lucas da PUCRS.

A amostra foi dividida inicialmente em dois grupos: Grupo 1, protocolo acelerado (10 indivíduos, ACE); e Grupo 2, protocolo tradicional (10 indivíduos, TRA). Os pacientes residentes na região metropolitana de Porto Alegre, que apresentaram condições de comparecer às sessões de fisioterapia conforme estabelecido em protocolo eram alocados no grupo ACE. Os pacientes impossibilitados de aderir ao protocolo acelerado e aqueles residentes fora da região metropolitana de Porto Alegre (também impossibilitados na adesão mencionada) eram alocados no grupo TRA. O Grupo 3 foi constituído de um grupo controle (CON, n=10) com sujeitos saudáveis sem lesão em membros inferiores.

Grupo Acelerado

Os pacientes do grupo acelerado fizeram uso de uma órtese comercial removível do tipo “robofoot” (bota imobilizadora Robofoot Nova Geração, Empresa Salvapé, São Paulo, Brasil) posicionada no tornozelo em posição neutra. Os pacientes permaneceram com esta imobilização por seis semanas, sendo que a partir da segunda semana, estes iniciaram a reabilitação com duração de seis semanas.

As atividades do protocolo de reabilitação consistiram de (1) exercícios de flexibilidade, que envolveram a mobilização do tornozelo para ganho de amplitude de movimento (ADM), (2) exercícios de resistência muscular localizada com o uso de bandas elásticas (thera-band®, Empresa Thera-Band Band Europe GmbH, Alemanha) para aumento da resistência, e (3) aumento da sobrecarga através da mudança da banda elástica para ganho de força. Todos os pacientes foram submetidos à mesma progressão. A partir da 4ª semana de reabilitação (6º semana de pós-operatório), foi acrescentado exercício resistido com faixa elástica (thera-band® vermelha) para os movimentos de eversão, inversão, plantiflexão, dorsiflexão, com duas séries de 15 repetições cada com uma sobrecarga correspondente a 5% da massa corporal. Até o final da 4ª semana de reabilitação, a força

aplicada ao tornozelo durante os exercícios passivos de dorsiflexão foi determinada pelos valores obtidos na dinamometria transoperatória. Na 5ª e 6ª semanas foram mantidas as séries, repetições e os movimentos, enquanto a carga foi aumentada para 10% da massa corporal por meio da utilização de uma thera-band® preta. A graduação da thera-band® foi baseada em tabela retirada do catálogo eletrônico da thera-band®, sendo que para cada “x” cm de estiramento da banda elástica corresponde a uma carga de “n” Kg, que depende da cor da thera-band®, espessura e o quanto é distendida. A carga utilizada de 5% na 4ª e 10% na 5ª e 6ª semanas foi definida pelos pesquisadores, pois não foram encontrados dados na literatura relacionada à progressão utilizada na reabilitação do tendão de Aquiles com o uso da theraband®, ou mesmo com percentuais da massa corporal. O apoio do membro foi estimulado também a partir da 2ª semana de pós-operatório com exercícios de deambulação com o “robofoot”, progredindo para descarga total de peso sem a órtese na 7ª semana pós-operatório (PO).

O protocolo acelerado de reabilitação foi aplicado no setor de Fisioterapia do Hospital São Lucas da PUCRS, com frequência de três vezes por semana e encontra-se descrito no (ANEXO IV). Após a alta da fisioterapia o paciente recebeu treinamento para realização dos exercícios no domicílio. (ANEXO V).

Grupo Tradicional

Os pacientes do grupo tradicional foram submetidos à imobilização imediata com tala gessada em equino gravitacional por duas semanas seguidas de imobilização com bota gessada, na mesma posição por mais duas semanas, sem carga. Aos 30 dias de PO foi confeccionada nova bota gessada, em posição neutra, permitindo-se o apoio com ou sem muletas, conforme tolerância, pelas duas semanas restantes. Após a retirada do gesso, com seis semanas totais de PO, o paciente recebeu treinamento para realização de um programa de exercícios domiciliares, cuja descrição lhe foi entregue sob a forma de um documento impresso. Este programa consistia de exercícios ativos e alongamentos para ganho de amplitude de movimento do tornozelo, exercícios resistidos para ganho de força muscular dos flexores plantares e treino de equilíbrio (ANEXO V).

Tabela 1 – Característica dos participantes (média e desvio-padrão) alocados nos grupos ACE, TRA e CON.

	ACE	TRA	CON
Idade (anos)	44,10±8,70	44,20±9,31	44,70±9,71
Estatura (m)	1,74±0,06	1,72±0,04	1,76±0,04
Massa Corporal (Kg)	84,79±7,45	82,31±9,05	81,58±12,88
Perímetro da Perna (cm)	38,77±2,54	36,40±1,86	37,91±2,54
Comprimento da perna (cm)	41,75±1,24	40,73±1,75	40,82±1,27
IPAQ	2,60±1,17	3,00±1,05	2,60±1,17

4.3.3 Critérios de Inclusão

Foram incluídos neste estudo sujeitos do sexo masculino entre 33 e 55 anos com diagnóstico de ruptura aguda total do tendão de Aquiles submetidos a tratamento cirúrgico pela técnica de sutura direta pelo mesmo cirurgião, junto ao Hospital São Lucas da PUC-RS, com um tempo de PO entre 24 e 34 meses. Para confirmação da ruptura do tendão de Aquiles foi realizado exame físico e constatado três achados comuns: diminuição da força de flexão plantar do tornozelo, uma depressão palpável e geralmente visível no tendão, e um teste de Thompson positivo. Além dos testes clínicos no momento do transoperatório era confirmada a ruptura total do tendão.

4.3.4 Critérios de Exclusão

Foram excluídos dos grupos experimentais do estudo sujeitos que não apresentaram diagnóstico comprovado transoperatoriamente de ruptura total do tendão de Aquiles; pacientes com doenças neuromusculares. Pacientes do grupo acelerado que apresentassem mais de 3 faltas às sessões de fisioterapia durante o período de tratamento eram excluídos do estudo. Os pacientes que apresentassem complicações neuromusculares e tendíneas durante o período de reabilitação, e pacientes com contraindicação para realização de teste de esforço máximo também foram excluídos do estudo.

Todos os participantes dos grupos experimentais do estudo foram submetidos ao tratamento cirúrgico aberto com reparo término-terminal pela técnica de Krackow (KRACKOW, 1986), sendo está técnica realizada pelo mesmo cirurgião e avaliados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da ESEF-UFRGS. Abaixo na figura 1 encontra-se o desenho experimental simplificado das etapas dos 2 grupos experimentais. Antes da realização da cirurgia eram explicados aos pacientes todos os procedimentos do

estudo que assinava o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO VI) concordando em participar do estudo.

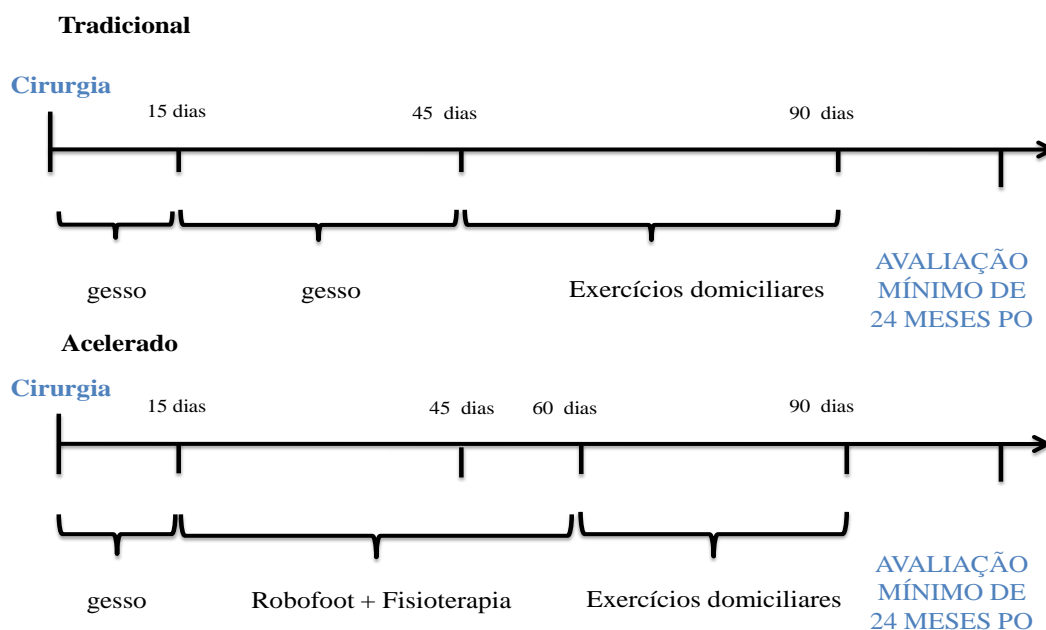


Figura 1. Desenho experimental simplificado com etapas dos procedimentos nos 2 grupos.

Ao chegarem no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) os sujeitos passavam pelos seguintes procedimentos (Figura 2):

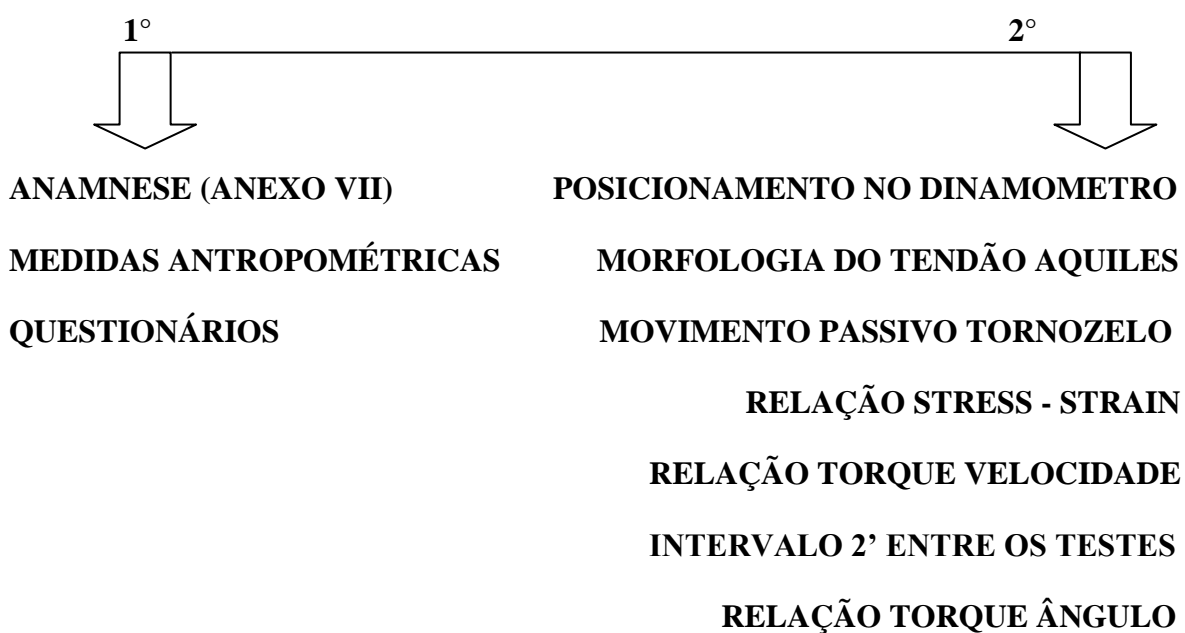


Figura 2. Desenho experimental simplificado com etapas dos procedimentos de avaliação realizados no LAPEX. 1º Os sujeitos eram submetidos à Anamnese, medidas

antropométricas e aplicado os questionários. Após, 2° eram posicionados no dinamômetro e submetidos aos testes conforme descrito na figura 2.

4.3.5 Procedimentos

4.3.5.1 Medidas Antropométricas

A massa corporal (Kg) dos sujeitos foi mensurada com uma balança eletrônica modelo PS-180 (Urano, Brasil) com resolução de 100g. A estatura foi mensurada utilizando um estadiômetro de parede com resolução de 1 mm. Os sujeitos foram orientados a utilizarem roupas leves e sem calçado para a obtenção dessas medidas.

4.3.5.2 Perímetro da Perna e do Tornozelo

A perimetria foi realizada utilizando-se uma fita métrica. Para avaliar edema de tornozelo foi utilizado o “método figura em 8” (Figura 3), cuja confiabilidade já foi demonstrada no estudo de (REIS, 2004).

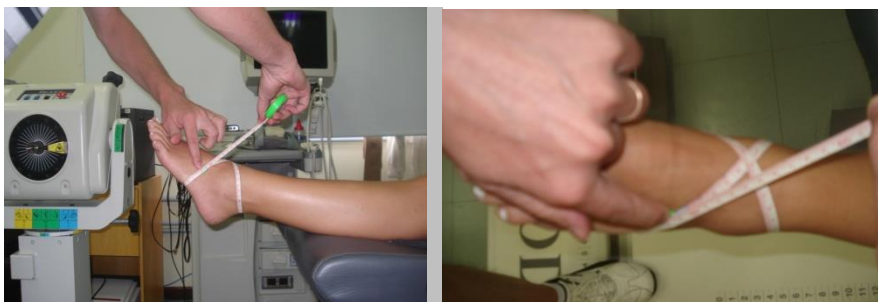


Figura 3. Vista lateral (esquerda) e vista superior (direita) do Método em Figura 8 utilizado para determinar possível edema do tornozelo.

Para calcular a perimetria dos músculos da perna, o comprimento da perna foi determinado a partir da distância entre maléolo lateral e linha articular do joelho (medida utilizada para normalizar o comprimento do fascículo muscular). A partir da determinação dessa distância foi calculado o valor correspondente a 30% dessa distância e marcado o ponto, a partir da linha articular do joelho, para a mensuração da perimetria da perna (MIYATANI et al., 2004) (Figura 4).



Figura 4. Medida do comprimento perna (esquerda) e do ponto de medida da perimetria da perna (direita) localizado a 30% do comprimento da perna a partir da linha articular do joelho (centro).

4.3.5.3 Goniometria

A goniometria da articulação do tornozelo foi realizada para os movimentos de flexão dorsal e flexão plantar do tornozelo ativos (Figura 5) e passivos (Figura 6) (MARQUES, 2003; MAGEE, 2002; PALMER e EPLER, 2000).



Figura 5. ADM ativa dos flexores dorsais (esquerda), posição neutra (centro) e ADM Ativa dos flexores plantares (direita) do tornozelo. Nas figuras no teste ativo a mão do avaliador está demonstrando que o pé do sujeito está perpendicular ao goniômetro e não está auxiliando no movimento.



Figura 6. ADM Passiva dos flexores dorsais (esquerda), da posição neutra (centro) e da ADM passiva dos flexores plantares (direita) do tornozelo. Nas figuras no teste

passivo a mão do avaliador realiza força até o limite articular do sujeito e o goniômetro está perpendicular ao pé do sujeito.

O goniômetro foi posicionado de forma que o centro da articulação correspondesse ao centro de rotação do goniômetro. A parte superior do goniômetro foi alinhada com a tíbia e a parte inferior com a linha da planta do pé. Com o indivíduo sentado e os joelhos estendidos, a posição neutra (ângulo de 0°) foi determinada como aquela onde o ângulo formado entre a planta do pé e a linha da perna foi igual a 90°. A partir dessa posição, foi mensurada a flexão dorsal e a flexão plantar. Esta metodologia foi adaptada de Norkin e White (1995) e foi utilizada por estudos anteriores do nosso grupo de pesquisa (Fração e Vaz, 2000; Freitas e Vaz, 2004).

4.3.5.4 Escala Análogo Visual de Dor

Uma escala análogo-visual foi utilizada para avaliação da dor dos pacientes. Essa escala pontua de zero a 10 a dor, onde zero corresponde a nenhuma dor e 10 corresponde à pior dor imaginável. Os pacientes foram avaliados em repouso apenas uma mensuração antes da realização dos testes de força.

4.3.5.5 Escalas Funcionais

Uma avaliação funcional foi realizada através do escore de evolução modificado por Thermann et al. (1998) (Anexo VIII). Esse escore consiste em uma tabela de avaliação da função através de uma escala de pontos para cada item funcional. Esses pontos somados fornecem o resultado da avaliação funcional realizada. Assim, o resultado funcional foi classificado em muito bom, bom, moderado, fraco e muito fraco. Os seguintes itens foram avaliados: redução do ângulo de flexão dorsal, alteração em flexão plantar espontânea, diferença de circunferência do tornozelo, tempo de manutenção isométrica de calcanhar em elevação, teste de Thompson, pico de torque, dor, perda subjetiva de força, habilidade de performance esportiva, hipersensibilidade a trocas meteorológicas e avaliação subjetiva do paciente.

Outra avaliação funcional foi obtida a partir da escala AOFAS (Anexo IX), a qual é dividida em 9 itens: dor, função, distância percorrida, andar em superfícies, anormalidade da marcha, mobilidade sagital, mobilidade de retropé, estabilidade de retropé e alinhamento do retropé. Cada item tem pontuação específica, após o que foram contabilizados os pontos, sendo que, quanto mais próxima de 100 fosse a pontuação, melhor era a condição funcional.

Avaliamos também a escala FAOS (Anexo X), a qual é dividida em 5 itens (dor, outros sintomas, atividades de vida diária, atividade esportivas e recreacionais, qualidade de vida em relação ao pé e tornozelo). Cada item tem pontuação específica, após o que foram contabilizados os pontos, sendo que, quanto mais próxima de 100 a pontuação, melhor a condição funcional.

Outro questionário que avaliamos foi o IPAQ (ANEXO XI) (International Physical Activity Questionnaire). O questionário de atividade física internacional foi utilizado para nos certificarmos que a amostra apresentava as condições físicas semelhantes entre os 3 grupos. O IPAQ é classificado nos seguintes níveis: nível 1 muito ativo, 2 ativo, 3 irregularmente ativo e subdividido em irregularmente ativo A ou B e nível 4 sedentário.

4.3.5.6 Propriedades mecânicas musculares

Os pacientes foram posicionados sentados na cadeira de um dinamômetro isocinético (Biodex Medical System, Shirley – NY, USA) que foi utilizado para avaliação do torque dos grupos musculares flexores plantares e flexores dorsais do tornozelo. O sujeito foi posicionado no dinamômetro de modo que o eixo aparente de rotação do tornozelo estivesse alinhado com o eixo de rotação do aparelho. Durante o teste os indivíduos foram posicionados sentados na cadeira do dinamômetro (Figura 7) com o joelho mantido estendido (0°) e o tornozelo na posição neutra (90° , tibia paralela ao solo), da mesma forma que nos estudos conduzidos por Karaminidis e Arampatzis (2006).

Cada indivíduo executou uma sessão de familiarização com o dinamômetro. Durante a familiarização, os indivíduos foram treinados na execução de contrações isométricas voluntárias máximas em diferentes ângulos articulares e contrações concêntricas voluntárias máximas em diferentes velocidades angulares.

Após a familiarização, os sujeitos executaram três contrações isométricas voluntárias máximas dos músculos flexores plantares e flexores dorsais do tornozelo em cinco configurações articulares randomizadas (30° FP, 10° FD, 10° FP, 20° FP e 0°), por um período de 5 segundos cada.

Os pacientes foram instruídos a produzir força máxima o mais rápido possível até atingir a sua capacidade máxima de gerar força, e a manter este esforço máximo durante pelo menos 1 segundo antes de relaxar. Herzog e Ter Keurs (1988) propõem esse procedimento com o objetivo de garantir que todas as fibras musculares permaneçam em comprimento constante durante a medida de força (ou torque) produzida pelos músculos.

Entre cada contração foi observado um intervalo de 120 segundos para minimizar possíveis efeitos da fadiga. O teste sempre foi repetido caso tivessem sido verificadas as seguintes situações: (1) quando o avaliador ou o próprio sujeito percebeu que não foi obtida uma contração máxima, ou (2) quando a contração não foi sustentada por pelo menos 1 segundo (HERZOG e TER KEURS, 1988).



Figura 7. Posicionamento do sujeito na cadeira do dinamômetro para realização de contração voluntária máxima.

Dados referentes ao torque produzido em contrações voluntárias máximas concêntricas dos flexores plantares e dorsais foram obtidos em cinco diferentes velocidades angulares. Três contrações voluntárias máximas concêntricas foram executadas em velocidades angulares de $240^{\circ}/s$, $120^{\circ}/s$, $30^{\circ}/s$, $60^{\circ}/s$, $180^{\circ}/s$ e $60^{\circ}/s$. A ordem de execução foi determinada aleatoriamente, através de sorteio. Um intervalo de 120 segundos foi observado entre cada velocidade angular para evitar possíveis efeitos da fadiga.

4.3.5.7 Avaliação da arquitetura muscular

A arquitetura muscular do músculo gastrocnêmio medial dos pacientes foi avaliada na posição de avaliação do protocolo isométrico. Um aparelho de ultra-sonografia (SSD

4000, 51 Hz, ALOKA Inc., Tóquio, Japão) e uma sonda de arranjo linear (60 mm, 7,5 MHz - ALOKA Inc., Tóquio, Japão) foram utilizados na avaliação dos diversos aspectos relacionados à arquitetura muscular: comprimento dos fascículos, ângulo de penação e espessura muscular (FUKUNAGA et al., 1997; NARICI, 1999; ESFORMES et al., 2002). O procedimento de ultra-sonografia foi feito através da captura de imagens no plano sagital mediano, ao nível de 50% do ventre muscular (KUBO et al., 2003a, 2003b), durante o repouso e durante uma contração voluntária máxima (CVM), conforme ilustrado na figura 8.



Figura 8. Posicionamento da sonda de ultrassom para aquisição das imagens do músculo gastrocnêmio medial em repouso e durante uma CVM.

A sonda foi embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico da sonda com a pele, mas sem deprimir a superfície da pele. A sonda foi posicionada paralelamente à direção das fibras musculares. As imagens de arquitetura muscular foram constantemente gravadas em DVD por meio de uma unidade de gravação de DVD externa (R130/XAZ, Samsung Inc., Seul, Coreia do Sul). Um sistema de sincronismo (HORITA Video Stop Watch VS – 50; HORITA Co., Inc., Califórnia, EUA) foi usado para sincronizar os dados de ultra-som com os dados de torque e EMG, além de possibilitar identificar as imagens que foram selecionadas posteriormente para análise.

5. ANÁLISE DOS DADOS

5.1 Perimetria

Os dados de comprimento de perna foram utilizados para normalização dos dados de comprimento dos fascículos musculares, dividindo-se o valor de comprimento fascicular pelo comprimento da perna (KUBO et al., 2002a, 2002b; MURAOKA et al., 2005).

5.2 Propriedades mecânicas musculares

A relação torque-ângulo (T-A) foi obtida a partir do torque máximo absoluto atingido no ângulo de 10° FD para avaliar o grupo muscular dos flexores plantares. Foram calculados a média e o desvio-padrão do valor do pico de torque de cada indivíduo dos 3 grupos.

A relação torque-ângulo (T-A) foi obtida a partir do torque máximo absoluto atingido em cada um dos ângulos testados de cada grupo muscular (flexores plantares). Foram calculados a média e o desvio padrão do torque absoluto de cada grupo durante as contrações voluntárias máximas.

Os valores absolutos de torque foram normalizados pelo valor da média do ângulo de maior produção de torque a 10° FD. Essa normalização foi utilizada com o objetivo de analisar o comportamento da relação T-A por meio de um possível deslocamento da curva. Esta normalização também foi utilizada para a comparação dos valores de torque entre o lado lesão e o saudável.

A diminuição percentual do torque foi obtida pela seguinte fórmula:

$$\frac{(\text{torque do membro saudável} - \text{torque do membro operado}) * 100}{(\text{torque membro saudável})}$$

A partir desta fórmula valores positivos representam diminuição de torque do membro operado em relação ao saudável, enquanto que os valores negativos representam aumento de torque do membro operado em relação ao saudável.

5.3 Arquitetura muscular

O vídeo derivado dos dados de arquitetura muscular previamente gravados em DVD foi transformado em formato AVI pelo programa BitRipper (Binotex, USA). Utilizando o programa Virtual Dub (Avery Lee, USA) o arquivo em AVI foi rastreado quadro a quadro no sentido de selecionar as imagens desejadas, identificando-as pelo sistema de sincronismo (HORITA Video Stop Watch VS – 50; HORITA Co., Inc., Califórnia, EUA). Foram selecionadas 3 diferentes imagens de arquitetura do músculo gastrocnêmio medial em repouso e 3 diferentes imagens durante o pico da CVM dos flexores plantares no ângulo de 10° FD. Após selecionar as imagens, estas foram analisadas através do software image J (National Institute of Health, USA), onde foram realizadas 3 medições do comprimento do fascículo, 3 da espessura muscular (1 medida em cada extremidade da imagem e outra no centro da imagem) e 3 do ângulo de penação de três fascículos distintos em cada imagem. A fim de aumentar a confiabilidade dos dados foi calculada a média das 3 medições coletadas em cada imagem e após a média das 3 imagens para cada parâmetro analisado (comprimento fascículo, ângulo de penação e espessura muscular) nas duas condições musculares (em repouso e durante a CVM).

A distância entre a aponeurose profunda e aponeurose superficial foi adotada como a medida da espessura da camada muscular isolada (KUBO et al., 2003a, 2003b). O ângulo entre a aponeurose profunda do músculo estudado e a linha de inserção dos fascículos musculares foi considerado como sendo o ângulo de penação. O comprimento das fibras musculares foi definido como o comprimento da trajetória fascicular entre a inserção do fascículo nas aponeuroses superficial e profunda dos músculos estudados.

5.4 Amplitude de movimento

A ADM total do tornozelo foi obtida pela soma da ADM de flexão plantar com a ADM de flexão dorsal do tornozelo.

5.5 Análise estatística

Os dados foram apresentados por meio da média e desvio-padrão para cada um dos grupos de sujeitos avaliados. As variáveis antropométricas (idade, estatura, massa corporal, perímetro da perna, comprimento da perna, ADM total tornozelo ativa e passiva, edema tornozelo, questionários (IPAQ, AOFAS, Thermann e FAOS) foram analisadas quanto à normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, como forma de caracterizar a amostra. Para comparação dessas variáveis

entre os grupos foi utilizado o teste ANOVA simples e com um post-hoc de Bonferroni para identificar os efeitos principais.

O teste ANOVA simples foi utilizado na comparação dos dados de arquitetura do músculo gastrocnêmio medial em repouso e em CVM, e valores de torque no ângulo de 10° FD do grupo CON (lado dominante e não-dominante) x grupo ACE (lado saudável) e grupo TRA (lado saudável), com um post hoc de Bonferroni para identificar os efeitos principais.

Os testes de Shapiro-Wilk (Normalidade) e Mauchly (Esfericidade) foram utilizados para verificar a distribuição dos dados de arquitetura, do músculo gastrocnêmio medial em repouso e em CVM, e dos valores de torque no ângulo de 10° FD. O teste ANOVA de três fatores foi utilizado para as comparações entre grupo (ACE x TRA), membro (lesão x saudável) e condição (repouso x CVM), com um post-hoc de Bonferroni para identificar as diferenças.

Para as variáveis morfológicas relativas à arquitetura do músculo gastrocnêmico medial (comprimento de fascículo, ângulo de penação e espessura muscular), e para os valores de torque no ângulo de 10° FD, foram realizadas comparações entre os grupos (ACE x TRA), entre os membros (saudável x lesionado) e entre as condições (repouso e CVM). Os dados também foram testados quanto à normalidade de distribuição (Shapiro-Wilk) e esfericidade (Mauchy). A comparação dos efeitos grupos, lados e condição foram realizados por meio do teste ANOVA para medidas repetidas com três fatores. Quando diferenças significativas foram observadas, o teste *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado para verificar quais variáveis apresentavam diferenças. No caso de interação entre os fatores, foi utilizado um teste t de student independente para comparação entre os grupos e entre os lados, bem como o teste t de student dependente para a comparação entre as condições (repouso x CVM).

A comparação dos efeitos grupos (ACE e TRA), ângulos (30° FP, 20° FP, 10° FP, 0° e 10° FD) e lados (lesão x saudável) foi realizada por meio do teste ANOVA para medidas repetidas com três fatores. No caso de interação entre os fatores, foi utilizado um teste t de student independente para comparação entre os ângulos e entre os lados.

Foi adotado o nível de significância de 0,05 para todas as análises. Para a análise dos dados foi utilizado o *software* SPSS (SPSS 17.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

A amostra se mostrou homogênea com relação a idade, estatura, massa corporal, perímetro da perna, comprimento da perna e nível de atividade física (IPAQ). Os sujeitos do grupo acelerado foram avaliados com média de 29 ± 5 meses de PO, e o grupo tradicional com média de 29 ± 4 meses de PO. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para as variáveis de caracterização da amostra.

Não foram observada diferença ($p>0,05$) no pico de torque dos flexores plantares nas comparações entre lado saudável x lesão no grupo ACE e TRA, e no grupo CON nas comparações entre lado dominante e não-dominante (Tabela 2, média e desvio padrão).

Tabela 2. Desempenho dos músculos flexores plantares (média e desvio-padrão) no ângulo de 10° FD, dos sujeitos do grupo ACE, TRA e CON.

Pico Torque (Nm)	Lesão	Saudável	Dominante	Não-Dominante
ACE	153±43	158±45		
TRA	155±25	153±35		
CON			210±35	200±40

Os grupos ACE e TRA não apresentaram diferença no valor de torque dos flexores plantares ($p>0,05$). Entretanto, o lado saudável dos grupos ACE ($p=0,018$) e TRA ($p=0,009$) apresentaram menor torque comparado com o lado dominante do grupo controle. O torque do lado saudável do grupo ACE não apresentou diferença quando comparado ao lado não-dominante do grupo CON ($p>0,05$). Já na comparação do grupo controle, foi encontrada diferença entre o torque dos lados não-dominante x lado saudável do grupo TRA ($p=0,049$). A figura 9 ilustra o comportamento do valor médio do pico de torque dos três grupos.

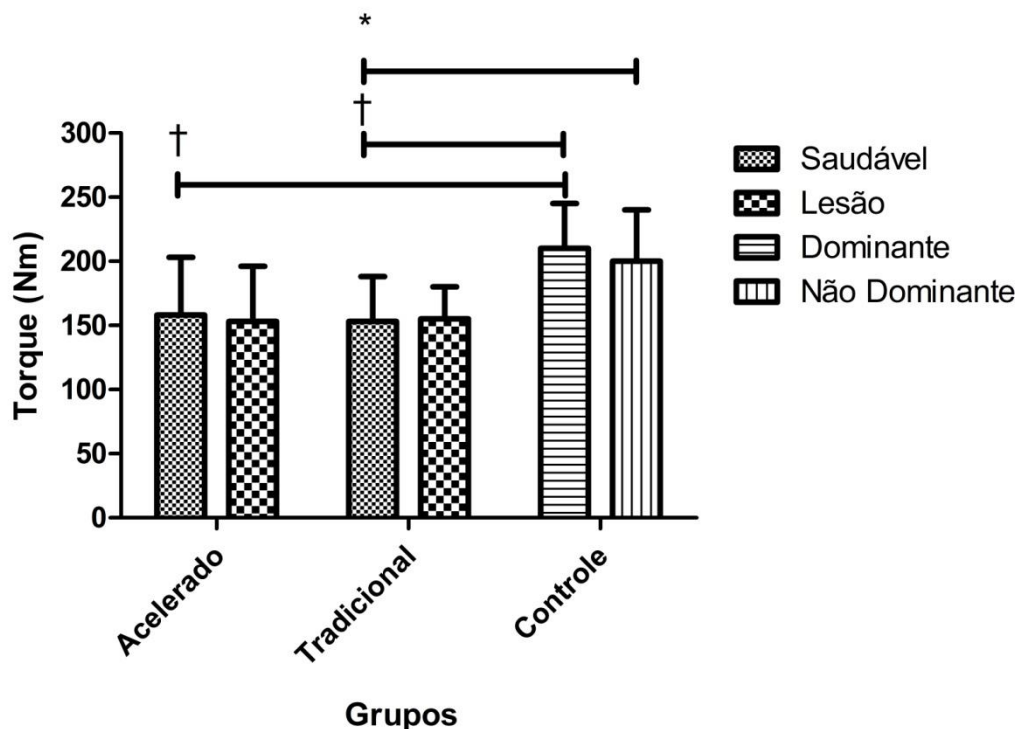


Figura 9. Valores do pico de torque (média e desvio-padrão) dos músculos flexores plantares do tornozelo a 10° FD nos grupos ACE, TRA e CON. * indica diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$), † indica diferença significativa entre os grupos ($p < 0,01$).

Tendo em vista que não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de pico de torque entre os lados saudável dos grupos ACE e TRA e lesão dos grupos ACE e TRA, foi abandonada a comparação entre os grupos ACE e TRA para os valores de torque e foi realizada apenas a comparação do déficit de torque do lado lesão do grupo ACE e TRA em relação ao lado saudável do grupo ACE e TRA para cada um dos 5 ângulos articulares (10° FD, 0° , 10° FP, 20° FP e 30° FP), sem a estratificação nos dois grupos.

O lado lesão dos grupos ACE e TRA apresentou redução de torque relativo ($30.36\% \pm 38.08\%$) a 30° de flexão plantar ($p=0,002$), ($32.48 \pm 20.97\%$) a 20° de flexão plantar ($p < 0,0001$) e ($20.42 \pm 15.92\%$) a 10° de flexão plantar ($p=0,004$) quando comparado com lado saudável dos grupos ACE e TRA. Na posição de 0° ($8.50\% \pm 16.40\%$; $p=0,152$) e de 10° de flexão dorsal ($-0.37\% \pm 14.39\%$) ($p=0,892$) não foram encontradas diferenças entre os lados lesão e saudável (Figura 10).

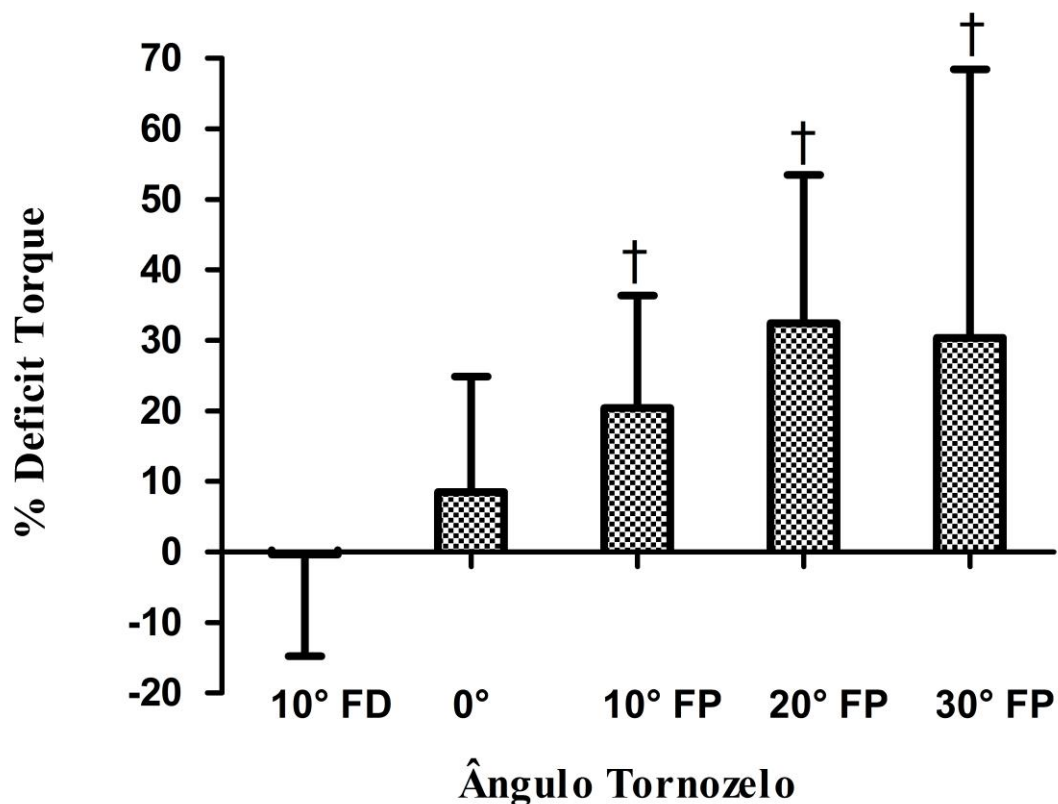


Figura 10. Déficit do torque isométrico dos flexores plantares nos ângulos de 10° de flexão dorsal (FD), 10° FP, 20° FP e 30° FP. † Indica diferença significativa ($p < 0.01$) na redução do torque no lado lesão nos ângulos de 10° FP, 20° FP e 30° FP.

Na relação torque-ângulo entre lado saudável e lesão (figura 11) encontramos redução do torque dos flexores plantares a 10° FP ($p=0,004$), 20° FP ($p < 0,0001$) e 30° FP ($p=0,002$). Já nas posições neutra (0°) ($p=0,152$) e a 10° FD não foram encontradas diferenças significativas ($p=0,892$).

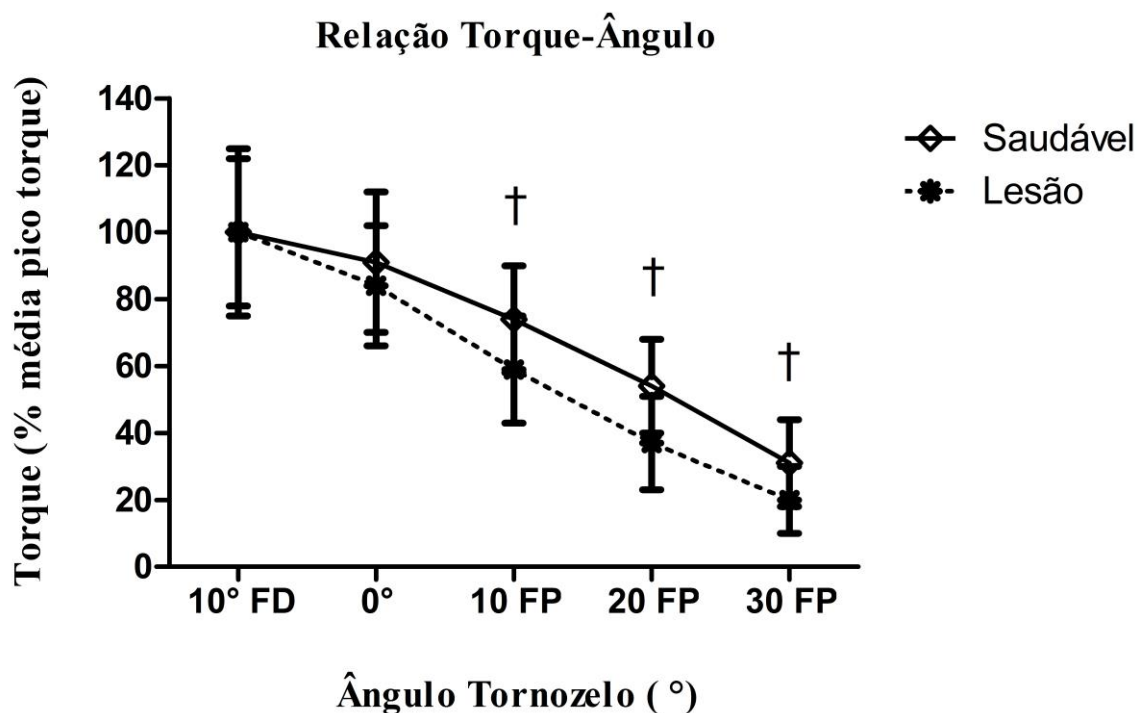


Figura 11. Relação Torque-Ângulo (valores de torque normalizados pela média do ângulo 10° FD). † Indica redução significativa ($p < 0.01$) do torque no lado lesão nos ângulos 10° FP, 20° FP e 30° FP.

O comprimento de fascículo permaneceu maior na condição de repouso e diminuiu durante a CVM no grupo ACE, TRA e CON. O ângulo de penetração aumentou da condição de repouso para CVM. A espessura muscular não se alterou do repouso para CVM nos grupos ACE, TRA e CON (lado dominante e não-dominante).

Encontramos diferença significativa nas variáveis comprimentos fascículo e ângulo de penetração nas condições (repouso x CVM) nos grupos acelerado e tradicional (lesão e saudável) e controle (dominante e não dominante) com ($p = 0,001$). Ilustrado na tabela 3 valores (média e desvio-padrão) do CF, AP e EM. Ilustrado na figura 11 a forma de mensuração da arquitetura (CF, AP e EM) do músculo gastrocnêmio medial em repouso e CVM.

Tabela 3: Valores da Arquitetura (comprimento de fascículo = CF , ângulo de penação = AP e espessura muscular = EM) do músculo gastrocnêmio medial dos grupos acelerado (ACE), tradicional (TRA) e controle (CON).

Grupos	Repouso	CF (%)	AP (°)	EM (cm)
ACE	Lesão	14.58±1.65 † ^{ac}	18.32±2.83 † ^a	1.70±0.19
	Saudável	15.30±1.47 † ^a	17.92±2.53 † ^a	1.78±0.22
TRA	Lesão	13.82±1.56 † ^{ac}	19.21±1.71 † ^a	1.60±0.15
	Saudável	14.94±1.76 † ^a	18.29±1.70 † ^a	1.66±0.25
CON	Dominante	17.42±1.52 † ^{ac}	17.07±2.06 † ^a	1.91±0.26
	Não-Dominante	17.11±1.25 † ^a	17.56±2.40 † ^a	1.93±0.31
Grupos	CVM	CF (%)	AP (°)	EM (cm)
ACE	Lesão	8.45±0.92 † ^a	31.39±4.43 † ^a	1.68±0.18
	Saudável	9.45±1.41 † ^a	28.35±5.99 † ^a	1.72±0.17
TRA	Lesão	7.55±1.45 † ^{a*bc}	34.57±3.48 † ^a	1.61±0.16
	Saudável	9.08±2.36 † ^{a*b}	30.29±6.67 † ^a	1.66±0.28
CON	Dominante	9.93±2.32 † ^{ac}	29.37±5.52 † ^a	1.83±0.21
	Não-Dominante	9.97±2.89 † ^a	31.86±10.40 † ^a	1.84±0.31

* indica diferença significativa ($p < 0.05$), † indica diferença significativa ($p < 0.01$); ^a condição repouso x CVM (CF, AP e EM) ^b comparação (CF) grupo TRA lado saudável x lesão na CVM ^c comparação lado dominante grupo CON x lado lesão grupo ACE e TRA (condição repouso e CVM para variáveis (CF, AP e EM).

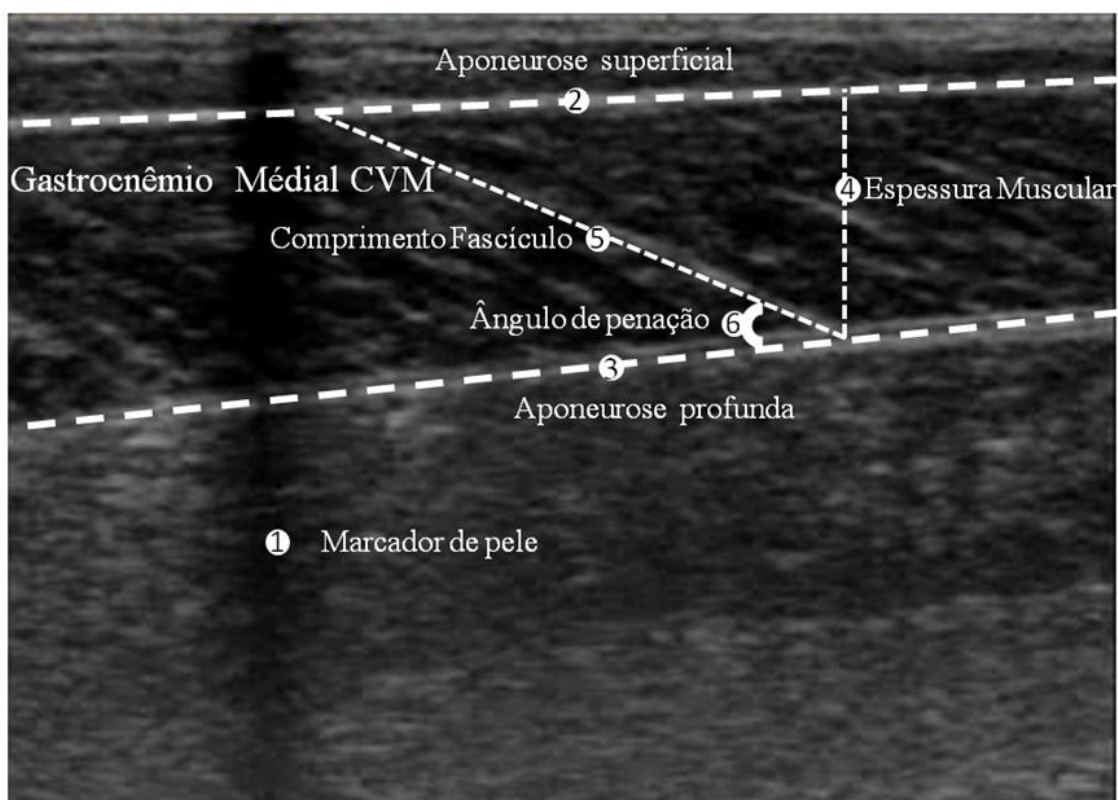
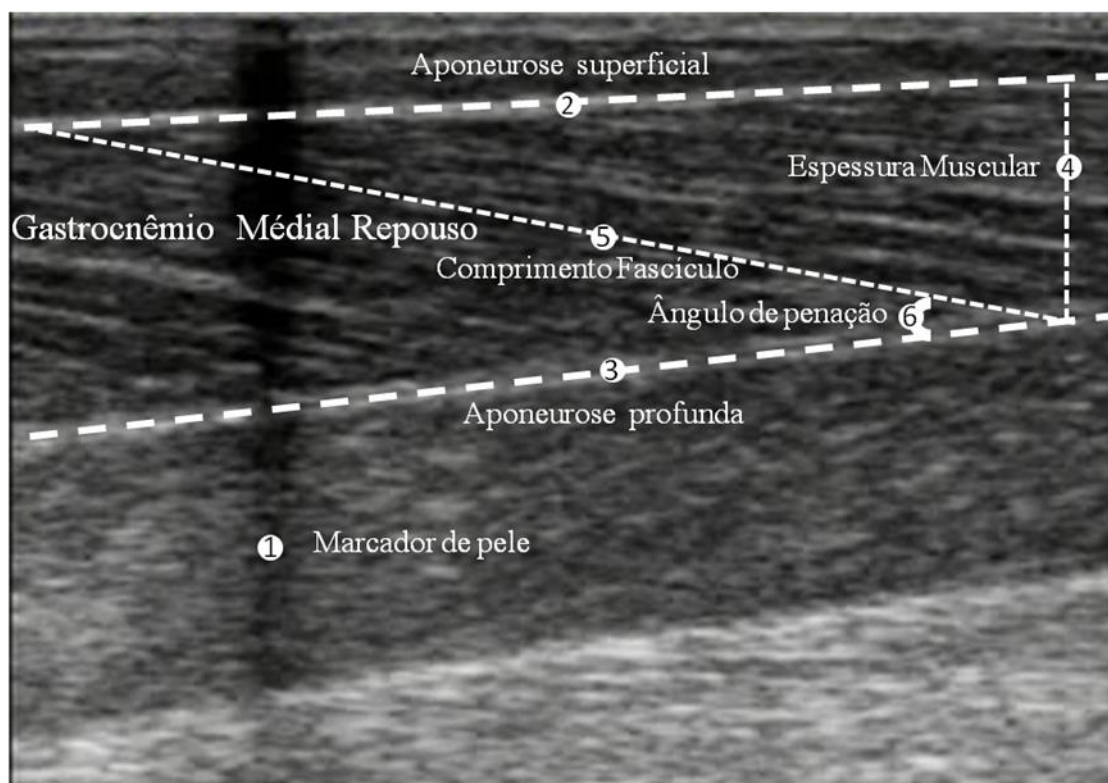


Figura 12. Imagem do músculo gastrocnêmio medial de um indivíduo representativa das condições repouso (superior) e CVM (inferior) a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares. 1-marcador da pele 2-aponeurose superficial do músculo gastrocnêmio medial 3-aponeurose profunda do músculo

gastrocnêmio medial 4-espessura muscular 5-comprimento do fascículo 6-ângulo de penação.

Após 29 ± 4 meses de pós-operatório o comprimento do fascículo do lado lesão do grupo TRA está diminuído comparado com o lado saudável ($p=0,034$). O lado lesão do grupo TRA apresenta menor comprimento de fascículo no repouso ($p<0,0001$) e na CVM ($p=0,011$) comparado com o lado dominante do grupo CON. O lado lesão do grupo ACE apresenta redução comprimento fascículo somente ao repouso ($p<0,0001$), e não na CVM ($p>0,05$) comparado com lado dominante do grupo controle (Figura 13).

A estrutura muscular não apresentou diferença ($p>0,05$) para as variáveis CF, AP e EM entre os grupos ACE x TRA e entre os lados saudáveis e lesão.

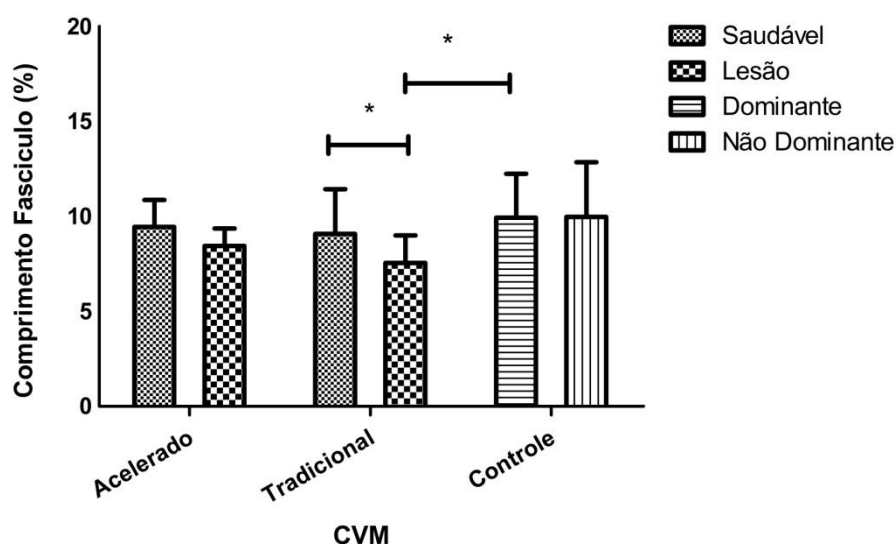


Figura 13. Valores do comprimento do fascículo (média e desvio-padrão) do músculo gastrocnêmio normalizado pelo comprimento da perna, avaliados a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares nos grupos ACE, TRA e CON. * Indica diferença significativa entre os grupos ($p<0,05$).

O ângulo de penação não apresenta diferença ($p>0,05$) entre os grupos ACE, TRA e CON, tanto na condição repouso quanto em CVM. O ângulo de penação não apresenta diferença ($p>0,05$) do lado dominante do grupo CON comparado com o lado lesão dos grupos ACE e TRA (Figura 14).

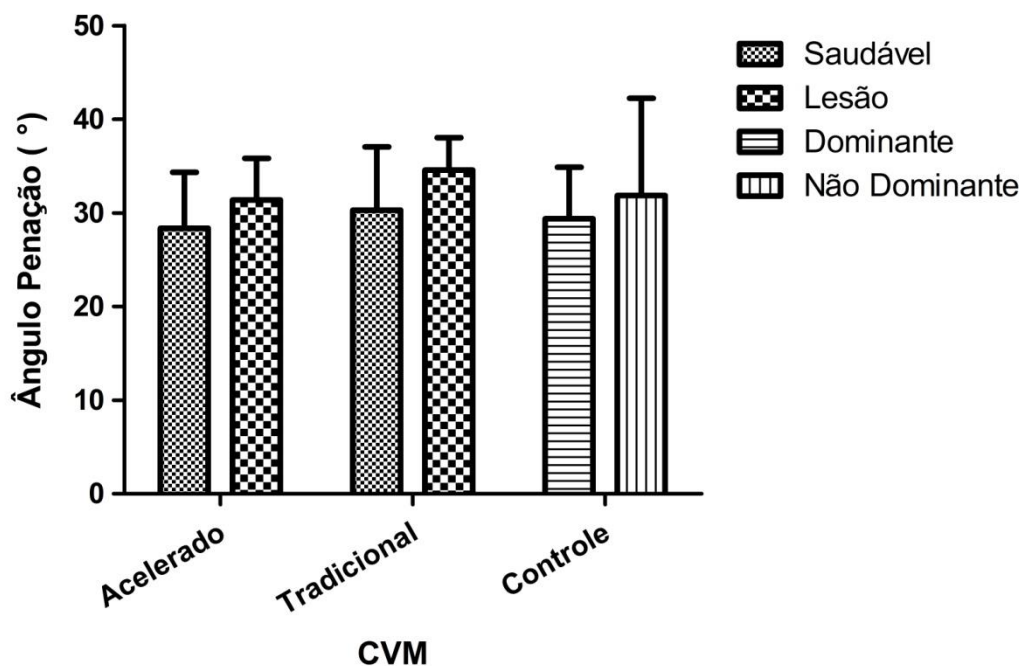


Figura 14. Valores do ângulo de penação (média e desvio-padrão), avaliados a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares nos grupos ACE, TRA e CON.

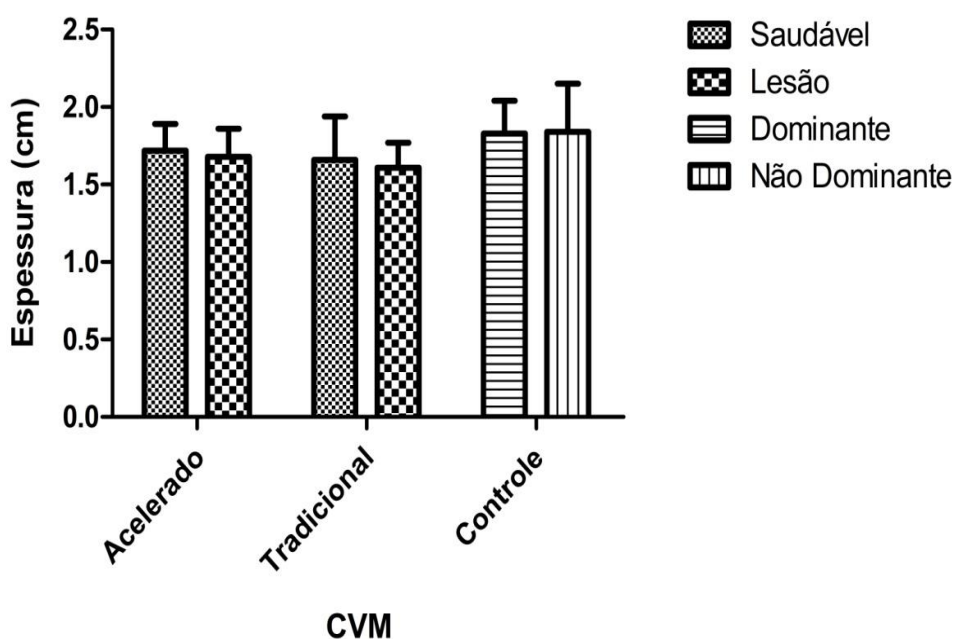


Figura 15. Valores da espessura muscular (cm) do músculo gastrocnêmio, (média e desvio-padrão), avaliados a 10° FD durante CVM isométrica dos flexores plantares nos grupos ACE, TRA e CON.

A espessura muscular não apresentou diferença ($p > 0,05$) entre os grupos ACE, TRA e CON e entre os lados.

O grupo CON não apresentou diferença nas medidas antropométricas ($p > 0,05$). O grupo TRA apresentou redução da flexão plantar ativa lado saudável ($p = 0,009$) e lesão ($p = 0,028$), e passiva lado saudável ($p = 0,006$) e lesão ($p = 0,019$), redução da ADM Total (ADM de flexão dorsal + plantar) Ativa do lado saudável ($p = 0,013$) e redução ADM Total Passiva do lado saudável ($p = 0,005$), comparado com grupo ACE (Tabela 4).

Tabela 4 – Avaliação das Medidas Antropométricas (valores apresentados com média e desvio-padrão) dos 3 grupos.

ADM		ACE	TRA		CON
FD Ativa	Saudável	15.70±2.79	15.30±4.11	Dominante	15.10±3.45
	Lesão	16.20±4.16	17.90±4.31	N-Dom	15.10±3.35
FD Passiva	Saudável	19.00±3.71	17.60±4.22	Dominante	17.40±3.03
	Lesão	19.60±4.33	20.40±4.93	N-Dom	17.40±3.24
FP Ativa	Saudável	53.20±6.18† ^a	42.80±8.89† ^a	Dominante	48.40±6.10
	Lesão	50.60±6.74* ^a	41.50±8.83* ^a	N-Dom	48.30±5.98
FP Passiva	Saudável	56.70±6.07† ^a	45.90±8.81† ^a	Dominante	51.30±5.70
	Lesão	55.40±7.07* ^a	45.50±9.25* ^a	N-Dom	51.20±5.61
ADM Total Ativa	Saudável	68.90±5.04* ^a	58.10±10.00* ^a	Dominante	63.50±7.40
	Lesão	66.80±6.75	59.40±10.02	N-Dom	63.40±7.41
ADM Total Passiva	Saudável	75.70±5.01† ^a	63.50±10.56† ^a	Dominante	68.70±7.04
	Lesão	75.00±6.63	65.90±11.34	N-Dom	68.60±7.18
Perimetro Perna(cm)	Saudável	38.77±2.54	36.40±1.86	Dominante	37.91±1.95
	Lesão	37.33±2.76	36.03±2.44	N-Dom	37.47±1.94
Figura 8	Saudável	54.63±2.46	53.16±1.51	Dominante	52.86±2.78
	Lesão	54.79±2.46	53.68±1.41	N-Dom	53.17±3.08

Tabela 4: *Indica diferença significativa (p<0.05), † Indica diferença significativa (p<0.01). ^a comparação grupo ACE x TRA. Não foi encontrada diferença significativa (p>0,05) nas demais comparações.

Abaixo apresentamos os valores médios dos questionários AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society), Thermann e FAOS (Foot and Ankle outcome score). Não foi encontrada diferença entre os grupos experimentais no questionário AOFAS, enquanto no questionário Thermann os grupos ACE e TRA apresentaram valores inferiores

aos do grupo CON ($p < 0,01$). O questionário FAOS do grupo TRA apresentou menor escore comparado com grupo CON nos seguintes parâmetros: outros sintomas, atividade de vida diária, atividades esportivas e recreacionais e qualidade de vida em relação ao pé e tornozelo. A tabela 5 ilustra os escores dos questionários.

Tabela 5: Valores de média e desvio-padrão dos escores dos questionários funcionais dos 3 grupos.

Questionários	ACE	TRA	CON
AOFAS	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
Thermann	91.50±5.78† ^a	92.70±4.16† ^b	100.00±0.00† ^{a b}
FAOS			
Dor	91.38±19.78	91.39±10.01	100.00±0.00
Outros Sintomas	91.79±6.53	87.14±12.62† ^b	100.00±0.00† ^b
AVDS	99.85±6.53	96.91±4.46* ^b	100.00±0.00* ^b
AER	96.50±4.74	90.00±11.06* ^b	100.00±0.00* ^b
QVPT	91.25±10.70	77.48±25.26* ^b	100.00±0.00* ^b

Tabela 5: *Indica diferença significativa ($p < 0,05$), † Indica diferença significativa ($p < 0,01$). ^a comparação grupo acelerado x controle. ^b comparação grupo Tradicional x controle. Não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) nas demais comparações.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar a relação torque-ângulo dos flexores plantares do tornozelo e a arquitetura do músculo gastrocnêmio medial em repouso e durante CVM em relação aos parâmetros comprimento do fascículo, ângulo de penação e espessura muscular. Além disso, foram realizadas medidas antropométricas e funcionais dos indivíduos após ruptura aguda de tendão de Aquiles com um mínimo de 24 meses de pós-operatório. Os sujeitos do grupo ACE foram avaliados com 29 ± 5 meses de pós-operatório, e o grupo TRA com média de 29 ± 4 meses de pós-operatório.

A amostra deste estudo foi composta somente por homens com média de idade de $44,10 \pm 8,70$ anos do grupo ACE e $44,20 \pm 9,31$ anos do grupo TRA concordando com outros estudos que descrevem a ruptura do tendão de Aquiles como uma lesão que ocorre principalmente em homens entre 40 e 50 anos (MAFFULLI et al., 2003; BLEAKNEY, 2002; BOER, 2008). Leppilahti et al. (1998) e Pajala et al. (2002) encontraram a incidência de ruptura do tendão de Aquiles entre 81 e 89% dos casos durante a realização de atividade esportiva. Nossos resultados foram similares, em que 80% de nossa amostra tiveram a lesão durante a prática desportiva recreativa. A ruptura do tendão de Aquiles parece estar associada aos chamados “praticantes de esporte de fim de semana” e, neste estudo, dos 20 indivíduos que sofreram ruptura do tendão de Aquiles, 15 tiveram a lesão jogando futebol, 1 jogando voleibol, 1 correndo de um assaltante e 3 durante aterrissagem de um salto (1 ao pular de um caminhão, outro ao pular de um sofá e o 3º ao descer de um ônibus). A maior parte dos indivíduos que sofreu a ruptura do tendão de Aquiles durante a realização de uma atividade desportiva, a qual praticava com pouca frequência. Segundo a classificação do questionário IPAQ, os sujeitos dos grupos experimentais foram classificados como irregularmente ativos, pois realizavam atividade física, porém insuficiente para serem classificados como ativos, pois não cumprem as recomendações quanto à frequência ou duração da atividade física regular.

Com relação ao mecanismo de lesão, a grande maioria dos indivíduos relatou que teve a lesão durante a fase de arrancada na corrida (fase concêntrica dos flexores plantares), enquanto uma minoria durante a fase de aterrissagem de um salto (fase excêntrica dos flexores plantares). No momento da lesão relataram ter tido a sensação de receber uma “pedrada” no tendão. Esta constatação sugere que o mecanismo de lesão

tendínea está associado a dois fatores fundamentais: falta de condicionamento físico acarretando fraqueza dos tecidos, e trauma agudo por estiramento dos flexores plantares durante contrações concêntricas ou excêntricas (onde ocorre a soma das forças externas com as forças musculares intrínsecas), incidindo no local de menor resistência do tendão, em região de menor vascularização do tendão (GOMES, 1998). Além disso, Leppilahti et al. (1998) relatam que 25% dos indivíduos que rompem o tendão de Aquiles apresentam alguma forma de processo inflamatório prévio em seu tendão. Em nosso estudo questionamos os indivíduos quanto a sintomas prévios antes da lesão, e 20% já apresentavam sintomas indicativos de inflamação do tendão antes da ruptura. Após a lesão os pacientes do grupo ACE retornaram ao trabalho com $3,7 \pm 2,26$ meses de pós-operatório e os pacientes do grupo TRA com $4,44 \pm 3,16$ meses. Com relação ao tempo de retorno ao esporte, os pacientes do grupo ACE retornaram com $9,55 \pm 3,77$ meses de pós-operatório, sendo que 1 dos indivíduos não retornou ao esporte, enquanto os pacientes do grupo TRA retornaram ao esporte com $6,71 \pm 3,72$ meses, sendo que 3 indivíduos não retornaram ao esporte.

No presente estudo, não foi encontrada diferença ($p > 0,05$) no torque dos flexores plantares a 10° FD entre o lado lesão e saudável e entre grupo ACE e TRA. Nossos achados vão ao encontro de Mullaney et al. (2006) que avaliaram sujeitos com média de 20 meses de pós-operatório de reconstrução do tendão de Aquiles e não encontraram diferença no torque dos flexores plantares entre lado lesão e saudável a 10° FD. Horstmann et al. (2000) também não encontraram diferença no torque dos flexores plantares em posição neutra com média de 10 anos e 8 meses de pós-operatório de reconstrução do tendão de Aquiles. No entanto, no teste de resistência dinâmico (flexão plantar e dorsal) durante 1', encontraram diminuição do trabalho no lado operado dos pacientes comparado com o lado não-operado, e justificam esta diminuição do trabalho em função de uma atrofia muscular seletiva de fibras do tipo I. Concordando com o estudo anterior, Bostick et al. (2010) encontram redução da resistência dos flexores plantares de pacientes submetidos a reconstrução do tendão de Aquiles com 1 ano de pós-operatório. Discordando dos estudos anteriores, Maffulli et al. (2003) encontraram redução do torque dos flexores plantares no lado lesionado em posição neutra e a 10° FD comparado com lado saudável; entretanto, os autores não citam o tempo médio de pós-operatório dos sujeitos.

Sabemos que com a imobilização temos uma redução da área de secção transversa fisiológica do músculo, uma hipotrofia predominante das fibras do tipo I de

contração lenta, que os músculos monoarticulares sofrem mais os efeitos deletérios da imobilização e a posição na qual são imobilizadas afeta diretamente a estrutura e a função do músculo. Além disso, em estudo prévio de nosso grupo, encontramos que pacientes com ruptura do tendão de Aquiles após 3 meses de pós-operatório aumentaram suas razões de torque em função da perda de força dos flexores plantares, sem alteração no torque dos flexores dorsais. (MAYER et al., 2010)

A fim de verificar se os pacientes retornam a uma condição de normalidade em longo prazo (média 29 meses de pós-operatório), constituímos 1 grupo CON saudável a fim de verificar se o lado “saudável” dos grupos ACE e TRA realmente poderia ser utilizado como lado controle. O torque do grupo CON foi maior que o do lado saudável dos grupos ACE e TRA. Tivemos o cuidado metodológico de selecionar um grupo CON com as mesmas características de nossos grupos ACE e TRA, em função de nível de atividade física, massa, estatura, com o objetivo de reduzir ao máximo o efeito de possíveis variáveis intervenientes, além de avaliar se o membro contralateral dos indivíduos que tiveram ruptura do tendão de Aquiles acaba sofrendo algum tipo de adaptação.

Nossos resultados sugerem que ambos os lados lesionados dos grupos ACE e TRA apresentam um déficit de força nos menores comprimentos musculares quando comparados com o lado contralateral saudável. Isso se deve talvez pela redução de uso em atividades físicas após a lesão ou em função de mecanismos inibitórios que levam a redução do torque no lado operado. Não encontramos na literatura estudo com sujeitos com ruptura do tendão de Aquiles e a presença de grupo controle “saudável” para realizar estas comparações.

Para avaliar a função muscular utilizamos o pico de torque que é um parâmetro fundamental para sabermos se os pacientes após 29 meses de pós-operatório apresentam relações de torque-ângulo (nos ângulos de 30° FP, 20° FP, 10° FP, 0° e 10° FD) semelhante entre lado lesionado e lado saudável. Em nosso estudo encontramos redução do torque de 30,36% a 30° FP, 32,48% a 20° FP, 20,42% a 10° de FP, com diferença significativa e 8,50% na posição neutra (0°) e -0,37% a 10° FD sem diferença significativa. Resultado similar ao nosso foi encontrado no estudo de Mullaney et al. (2006), que encontrou redução do torque 34% a 20° FP, 20% a 10° FP, na posição neutra (6%) e a 10° FD (3%) sem diferença significativa, nas comparações entre lado lesão versus saudável de

pacientes com tempo médio de pós operatório de 10 anos e 8 meses. Estes autores trazem as seguintes explicações para a redução do torque com o músculo em posição encurtada: 1) o tendão de Aquiles seria mais alongado, 2) diminuição da rigidez passiva durante o movimento de dorsiflexão do tornozelo, 3) inibição seletiva dos flexores plantares.

Nossos resultados de amplitude de movimento ativa e passiva sugerem que talvez não exista, nos pacientes de nosso estudo, um alongamento do tendão, pois não encontramos diferença entre lado saudável e lesão com relação à amplitude de movimento de dorsiflexão. Tanto o alongamento do tendão quanto a rigidez passiva acreditamos que serão influenciados pelo protocolo utilizado. Se utilizarmos um protocolo agressivo que não respeita as fases de cicatrização do tecido, teremos um tendão alongado e menos rígido. No entanto, se este tendão for estimulado de forma adequada, realizando amplitudes limitadas em fases iniciais de reabilitação e iniciando exercícios que estimulem a deposição de colágeno e favoreçam o tendão a ter maior rigidez num segundo momento, acreditamos que existe a possibilidade de recuperação da rigidez e, como consequência, deverá ser observada uma melhora da transmissão da força do músculo para o osso calcâneo.

Concordamos que a inibição dos flexores plantares é um dos fatores que pode estar associado com a redução do torque de flexão plantar. Além de ser o grupo muscular que se insere no tendão de Aquiles, a lesão leva este grupo muscular a sofrer maior inibição em função de possível medo de romper novamente o tendão. Isso pode favorecer a inibição em atividades que exijam amplitude de movimento extrema de flexão plantar.

Nossos resultados indicam que ambos os protocolos propostos foram seguros, pois não observamos nenhuma re-ruptura durante o processo de reabilitação dos pacientes nos dois grupos experimentais. No entanto, a redução do torque dos flexores nos ângulos de 30° FP, 20° FP e 10° FP demonstram que ambos os grupos necessitavam de um maior tempo de reabilitação e um maior nível de sobrecarga durante os exercícios com o objetivo de recuperar a capacidade de produção de força desse grupo muscular principalmente nos menores comprimentos a fim de retornar a uma condição normal. O pequeno período de reabilitação (apenas 6 semanas) e o baixo nível de sobrecarga imposta aos flexores plantares demonstra uma limitação do protocolo acelerado de reabilitação do presente estudo. Após a reabilitação, a não aderência dos pacientes a programas de atividade física orientada também demonstra a necessidade de orientarmos estes pacientes que o ganho de força após lesão é em longo prazo e necessita do comprometimento dos mesmos para obtenção de melhores resultados.

Além da avaliação do torque, mensuramos a estrutura do músculo através de imagens de ecografia do gastrocnêmio medial para avaliar a arquitetura do músculo (comprimento do fascículo, ângulo de penação e espessura muscular) durante o repouso e CVM no ângulo de 10° FD. Conforme já era esperado, encontramos redução do comprimento do fascículo e aumento do ângulo de penação da posição de repouso para CVM, concordando com os achados de Karamanidis et al. (2005) e de Arampatzis et al. (2006). A espessura muscular em nosso estudo, não se alterou do repouso para CVM nos grupos ACE, TRA e CON (lado dominante e não-dominante), concordando com o estudo de Narici et. al. (1996). O grupo TRA apresentou menor comprimento do fascículo no lado lesão comparado com lado saudável durante a CVM dos flexores plantares do tornozelo a 10° FD, mesmo após 29 ± 4 meses de pós-operatório. Esses resultados demonstraram uma diminuição do comprimento de fascículo com a redução do uso (NARICI e CERRETELLI, 1998). Estudos usando ultra-sonografia constataram redução do comprimento do fascículo após períodos de inatividade (NARICI e CERRETELLI, 1998; KARAMANIDIS e ARAMPATZIS 2006; BLEAKNEY et al., 2002). Períodos de redução de uso levam a hipotrofia muscular, podendo afetar o número de sarcômeros em série e assim o comprimento do fascículo. Estes indivíduos após a reconstrução do tendão foram imobilizados com bota gessada por 3 semanas a 15° de flexão plantar e outras 3 semanas em posição neutra, sendo que este fato de o músculo ser imobilizado em posição encurtada afeta diretamente o número de sarcômeros em série.

Considerando que o comprimento de fascículo retornou ao normal no lado da lesão do grupo ACE comparado com lado saudável, constatamos que não houve perda do número de sarcômeros em série neste grupo. Este resultado indica que o protocolo de reabilitação acelerado (que consistiu em técnicas para ganho de ADM, fortalecimento muscular e melhora do equilíbrio) promoveu alterações na estrutura muscular levando a uma recuperação das condições de normalidade. Já o grupo TRA que recebeu orientação de exercícios domiciliares, pode ter executado os exercícios em uma menor amplitude o que pode ter afetado o comprimento do fascículo durante a CVM. A menor diminuição do comprimento de fascículo do grupo ACE comparado com o TRA deve estar associado à especificidade do protocolo de reabilitação e com a posição neutra de imobilização inicial com o robofoot.

Nas comparações entre o grupo CON lado dominante, ambos os grupos ACE e TRA apresentaram menor comprimento de fascículo ao repouso ($p < 0,0001$ e $p < 0,0001$). Durante a CVM apenas o grupo TRA apresentou redução ($p = 0,011$), enquanto o grupo

ACE lado lesão não apresentou diferença no comprimento do fascículo comparado com lado dominante do grupo CON na CVM ($p>0,05$). Isso novamente demonstra que o protocolo acelerado possibilitou uma recuperação da estrutura do músculo gastrocnêmio medial, a qual tem implicações funcionais.

O ângulo de penação e a espessura do músculo não apresentaram diferenças significativas quando comparado os membros operados e saudáveis dos dois grupos (ACE e TRA). Também não apresentaram diferença nas comparações de ângulo de penação e espessura entre os grupos (ACE, TRA e CON). Sabe-se que o ângulo de penação está associado com o número de sarcômeros em paralelo, uma vez que em músculos hipertrofiados o ângulo de penação se encontra significativamente aumentado (KAWAKAMI et al., 1993; SHAH et al., 2001), enquanto que em músculos submetidos à redução do uso esta variável se encontra reduzida (NARICI e CERRETELLI, 1998). A especificidade do protocolo de reabilitação aplicado também pode justificar a ausência de diferenças entre os grupos, uma vez que não foram enfatizados exercícios que visavam aumento da produção de força muscular por um tempo suficiente para produzir modificações intrínsecas musculares.

Os grupos não apresentaram diferença entre os lados (lesão x saudável nos grupos ACE e TRA) e (dominante x não-dominante no grupo CON), entre as variáveis relacionada a ADM, perimetria, medida de edema de tornozelo (conforme demonstrado na tabela 4). Porém o grupo ACE apresentou maior ADM comparado com o grupo TRA ($p<0,01$) para ADM total passiva e flexão plantar ativa e passiva no lado saudável, e ($p<0,05$) para flexão plantar ativa e passiva no lado lesão. Este resultado pode estar relacionado ao protocolo no qual os indivíduos foram submetidos, em que com 45 dias de pós-operatório já foi observado recuperação da ADM no grupo submetido à reabilitação acelerada (FRASSON et al., 2009), ou também como o lado saudável apresentava redução da ADM pode ser por características individuais dos pacientes apresentarem menor ADM comparado com grupo ACE, ou pelo fato de terem reduzido a amplitude no lado lesão acabaram adaptando o lado contralateral “saudável” com menor ADM.

Não encontramos diferença na medida de edema de tornozelo entre os grupos, confirmando nossa hipótese inicial. O edema no tornozelo está presente em fase inicial pós a lesão do tendão de Aquiles e nossa medida foi à longo prazo.

Os grupos ACE e TRA apresentaram score baixo quando comparado com o grupo CON na avaliação do questionário (Thermann 1998). Provavelmente apareceram as diferenças em relação aos níveis de desempenho na atividade esportiva, em que alguns

pacientes relataram não terem retornado a níveis pré-lesão, e outro fator que pode ter influenciado foi a redução do pico de torque dos flexores plantares. Apesar do grupo ACE e TRA apresentaram redução na pontuação do questionário Thermann comparado com grupo CON, os valores de pontuação acima de 90 que o grupo ACE e TRA atingiram, significa segundo classificação do questionário thermann valores muito bom atingidos pelos pacientes.

O questionário AOFAS não demonstrou diferença entre os grupos (ACE, TRA e CON), demonstrando que os pacientes retornaram a condição de normalidade. No estudo de Ozkaya U et. al. (2009), os pacientes foram submetidos à cirurgia minimamente invasiva para reparo do tendão de aquiles e à reabilitação precoce, após avaliaram estes pacientes com 34 meses de PO, em que aplicaram o questionário AOFAS e encontraram um valor médio de 93 pontos, valor este abaixo do encontrado em nosso estudo encontramos valor máximo de 100 para o grupo ACE e TRA, demonstrando que encontramos valores superiores aos da literatura.

Com relação ao questionário FAOS, o grupo TRA apresentou menor pontuação quando comparado ao CON nos seguintes pontos: outros sintomas, atividade de vida diária, atividades esportivas e recreacionais e qualidade de vida em relação ao pé e tornozelo. Já o grupo ACE apresentou pontuação igual ao grupo CON, demonstrando maior nível de satisfação quando submetidos à reabilitação acelerada. Concordando com nossos achados a meta análise publicada por Suchak AA. et al. (2006) também encontraram maiores níveis de satisfação nos pacientes submetidos a reabilitação acelerada.

Não encontramos estudos de pacientes com ruptura aguda do tendão de Aquiles e avaliados com questionário FAOS, no entanto apesar deste questionário ter sido validado para língua portuguesa com sujeitos com entorse de tornozelo, pode ser utilizado para avaliações do pé ou tornozelo. (IMOTO et al., 2009)

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que sujeitos que sofreram ruptura total do tendão de Aquiles, mesmo avaliados em longo prazo, possuem alteração na produção de força. O grupo TRA apresentou alteração no comprimento de fascículo demonstrando não ter retornado à condição de normalidade. Os grupos ACE e TRA apresentaram menores valores nos questionários funcionais. Isso pode estar associado tanto à lesão, quanto à redução do uso causada inicialmente pela imobilização e posteriormente pela redução nas atividades físicas.

CAPÍTULO III

CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIREÇÕES FUTURAS

Limitações: Poderíamos ter apresentado a variável taxa de produção de força, em que se calcula a variação do torque pela variação do tempo, e é uma informação importante para o presente trabalho. Com relação a esta medida, foi elaborado uma rotina matemática no software Matlab, mas apesar de termos praticamente finalizado a análise dos dados, em função do tempo e do grande número de informações neste trabalho não foi possível apresentarmos estes dados. Outro fator que pode ser considerado limitante foi o grande número de testes de força realizados (apesar dos intervalos de recuperação) que pode ter levado os sujeitos à fadiga, o que reduziria sua capacidade de produção de força. No entanto, todos passaram pelos mesmos procedimentos, de modo que se ocorreu redução da força por fadiga, a mesma foi igual ou similar para todos os grupos. Talvez a grande limitação de nosso estudo foi utilizar apenas 6 semanas de reabilitação e os pacientes terem apenas 2 semanas de exercícios de força para os flexores plantares. No entanto, não encontramos na literatura estudos falando de reabilitação e que detalhavam os exercícios realizados, número de séries, repetições e sobrecarga imposta, o que dificultou a comparação de nossos resultados com os de outros estudos. Fica como sugestão para os próximos trabalhos a necessidade de um período maior de reabilitação, iniciando de forma mais precoce, sendo que o protocolo utilizado no grupo ACE poderia iniciar imediatamente (após 24 horas de PO) e aumentar para 12 semanas de reabilitação, e, a partir da 6ª semana de reabilitação, iniciar exercícios para flexores plantares com sobrecarga crescente. Acrescentar no protocolo de reabilitação exercícios isométricos em amplitudes finais de flexão plantar com objetivo de eliminar a redução do torque encontrado no lado lesionado também poderia ser acrescentado ao programa de reabilitação.

O protocolo de reabilitação acelerado pode ser elaborado a partir da literatura específica da área de reabilitação, respeitando as fases de cicatrização do tendão. Pode-se iniciar apoio de peso e mobilização da articulação do tornozelo precoce (apoio de peso parcial 24hs após o procedimento cirúrgico). Para prescrição dos exercícios podemos seguir as diretrizes do *American College of Sports Medicine*, sobre modelo de progressão do treino de resistência em adultos saudáveis e aplicar estes princípios respeitando as particularidades dos pacientes pós-sutura do tendão de Aquiles. (NICOLAS,

2009). Para prescrição dos exercícios devem ser respeitados os princípios do treinamento como individualidade biológica, adaptação (estímulo-resposta), sobrecarga, continuidade, reversibilidade e especificidade. Com relação ao princípio da sobrecarga, demonstramos na figura 16, 2 modelos de sobrecarga que pode ser implantado no protocolo de reabilitação, em uma etapa futura levando em consideração o aumento da intensidade do exercício (% RM), enquanto o volume do programa de reabilitação será determinado a partir de alterações no nº repetições e nº séries dos exercícios. O programa de reabilitação será realizado com uma frequência de 3 vezes semanais. Além disso, também será realizada variação dos exercícios para ganho de força muscular e para ganho de flexibilidade e controle postural (exercícios de equilíbrio ou proprioceptivos) entre as sessões de reabilitação.

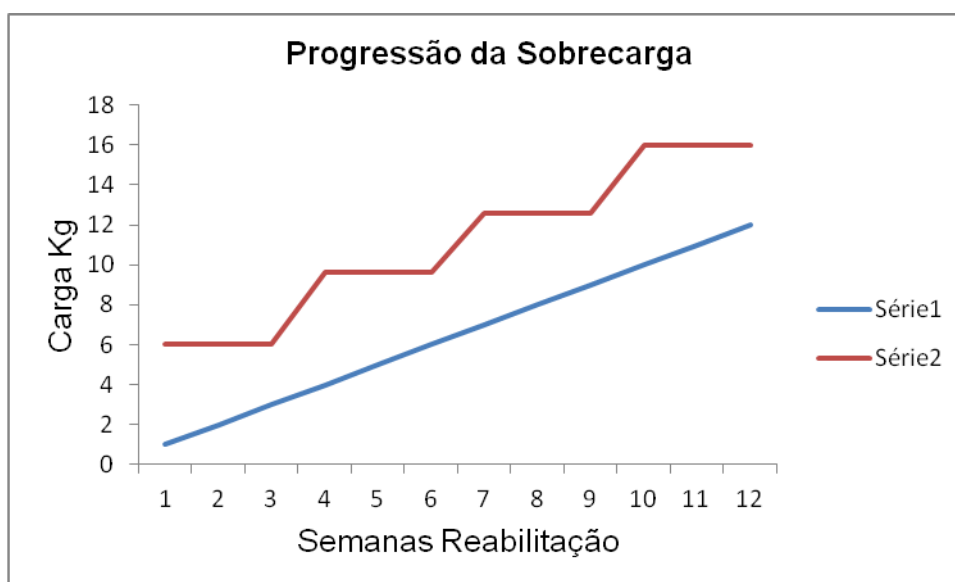


Figura16. Gráfico teórico ilustrativo que apresenta a Série 1 como progressão de sobrecarga ideal de forma linear e a Série 2 demonstrando aumento de carga em média a cada 3 semanas e manutenção da sobrecarga. Nestes 2 exemplos demonstramos a necessidade do protocolo de reabilitação gerar sobrecarga levando a adaptações e ganho de força muscular.

Apesar das limitações apresentadas acima, este trabalho é precursor na utilização de imagens de ultra-sonografia para pacientes pós sutura de tendão de aquiles a longo prazo. O método de reabilitação utilizado não ocasionou re-ruptura do tendão. Portanto, evoluindo nossos protocolos de reabilitação conseguiremos melhores resultados e um retorno mais rápido de nossos pacientes a suas atividades de trabalho ou atividades esportivas, contribuindo desta maneira de forma significativa para a redução de custos com

peças que apresentam incapacidades após lesões e permanecem improdutivas, acarretando em prejuízos pessoais e sociais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barone R, Bellafiore M, Leonardi V, Zummo G. Structural analysis of rat patellar tendon in response to resistance and endurance training. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(6):782-789.
- Bhandari M, Guyatt GH, Siddiqui, F, Morrow F, Busse J, Leighton RK, Ross K, Sprague S, Schemitsch E. Treatment of acute Achilles tendon ruptures: a systematic overview and metanalysis. *Clin. Orthop*. 2002; 400:190-200.
- Blazevich AJ. Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports Med*. 2006;36(12):1003-1017.
- Bleakney RR, Tallon C, Wong JK, Lim KP, Maffulli N. Long-term ultrasonographic features of the Achilles tendon after rupture. *Clin J Sport Med*. 2002;(12):273-8.
- Boer DM, Seynnes OR, Prampero PE, Pisot R, Mekjavic IB, Biolo G, Narici MV. Effects of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2008;104(2):401-7.
- Bostick GP, Jomha NM, Suchak AA, Beaupré L. Factors Associated With Calf Muscle Endurance Recovery 1 Year After Achilles Tendon Rupture Repair. *Journal of Orthopaedic e Sports Physical Therapy*. 2010;40(6): 345-351.
- Caiozzo VJ, Baker MJ, Herrick RE, Tao M, Baldwin KM. Effect of spaceflight on skeletal muscle: mechanical properties and myosin isoform content of a slow muscle. *J Appl Physiol*. 1994; 76:1764-1773.
- Cetti R, Henriksen LO, Jacobsen KS. A new treatment of ruptured Achilles tendons. A prospective randomized study. *Clin Orthop Relat Res*. 1994:155-65
- Esformes J, Narici MV, Maganaris CN. Measurement of human muscle volume using ultrasonography. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2002;87:90-92.
- Fournier M, Roy RR, Perham H, Simard CP, Edgerton VR. Is limb immobilization a model of muscle disuse? *Exp Neurol*. 1983;80:147-56
- Fração VB e Vaz MA. Influência da adaptação funcional nas relações torque-ângulo e torque-velocidade. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

- Fração VB, Vaz MA. Influência da adaptação funcional na capacidade de produção de força no músculo esquelético. *Revista Perfil*. 2000; 4:103-110.
- Frasson VB, Ott R, Silva V, Nova M, Cibils F, Mayer A, Melo D, Vaz MA. Early ankle motion after surgical repair of acute achilles tendon rupture. Apresentado no XXII Congresso da Sociedade Internacional de Biomecânica na África do Sul em julho de 2009.
- Freitas de la R e Vaz MA. Propriedades mecânicas e elétricas do músculo sóleo do gato e dos flexores plantares e dorsais de seres humanos após entorse e imobilização de tornozelo. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- Fukunaga T, Kawakami Y, Kuno S, Funato K, Fukashiro S. Muscle architecture and function in humans. *J Biomech*. 1997; 30 (5): 457- 463.
- Gomes CTS. Ruptura do tendão de aquiles: tratamento cirúrgico, mobilização e cargas precoces. *Rev Bras Ortop*. 1998;33(12):951-8
- Gondin J, Guette M, Maffiuletti NA, Martin A. Neural activation of triceps surae is impaired following 2 weeks of immobilization. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 93: 359 - 365.
- Herzog W e Ter-Keurs HE. Forcelength relation of in vivo human rectus femoris muscles. *Pflugers Arch*. 1988;411(19):642-647.
- Herzog W, Guimarães AC, Anton MG, Carter-Erdman KA. Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. *Med Sci Sports and Exerc*. 1991; 23: 1289 - 1296.
- Herzog W. Muscle function in movement and sports. *Am J Sports Med*. 1996; 24:14-19.
- Horstmann T, Lucas C, Mayer F, Winter E, Ambacher T, Heitkamp C, Dickhuth H. Isokinetic strength and strength endurance of the lower limb musculature ten years after Achilles tendon repair. *Isokinetics and Exercise Science*. 2000; 8: 141-145.
- Hortobágyi T, Dempsey L, Fraser D, Zheng D, Hamilton G, Lambert J, Dohm L. Changes in muscle strength, muscle fiber size and myofibrillar gene expression after immobilisation and retraining in humans. *J. Physiol*. 524:293-304, 2000.

- Imoto AM, Peccin MS, Rodrigues R e Mizusaki JM. Tradução e Validação do Questionário FAOS – Foot and Ankle outcome score para língua portuguesa. *Acta Ortop. Bras.* 2009;17(4):232-235.
- Józsa L. Morphological and biochemical alterations in hypokinetic human tendons. *Finn Sports Exerc Med.* 1984;3:111-115.
- Kangas J, Pajala A, Ohtonen P, Leppilahti J. Achilles tendon elongation after rupture repair. A randomized comparison of postoperative regimens. *The American Journal of Sports Medicine.* 2007;35:1
- Kannus P, Józsa L, Natri A, Järvinen M. Effects of training, immobilization and remobilization on tendons. *Scand J Med Sci Sports.* 1997; 7:67-71.
- Kannus P, Jozsa L. Histopatological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *J Bone Joint Surg.* 1991; 73-A:1507-1525.
- Karamanidis K; Arampatzis A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle-tendon unit in relation to aging and running. *J Biomech.* 2006;39(3), 406-417.
- Kasashima Y, Smith RK, Birch HL, Takahashi T, Kusano K, Goodship AE. Exercise-induced tendon hypertrophy: cross-sectional area changes during growth are influenced by exercise. *Equine Vet J S.* 2002; 34:264-268.
- Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol.* 1993; 74(6):2740-2744.
- Krackow KA, Thomas SC, Jones LC. A new stitch for ligament-tendon fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68(5):764-766.
- Kubo K, Akima H, Kouzaki M, Ito M, Kawakami Y, Kanehisa H, Fukunaga T. Changes in the elastic properties of tendon structures following 20 days bed-rest in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2000; 83:463-468.
- Kubo K, Kanehisa H, Azuma K, Ishizu M, Kuno SY, Okada M, Fukunaga T. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. *Int J Sports Med.* 2003b; 24 (2):125-30.
- Kubo K, Kanehisa H, Azuma K, Ishizu M, Kuno SY, Okada M, Fukunaga T. Muscle architectural characteristics in women aged 20-79 years. *Med Sci Sports Exerc.* 35 (1):39-44, 2003^a

- Leppilahti J, Forsman K, Orawa S. Outcome and prognostic factors of Achilles rupture repair using a new scoring method. *Clin Orthop*. 1998;346:152-161.
- Leppilahti J, Puranen J, Orava S. Incidence of Achilles tendon rupture. *Acta Orthop Scand*. 1996; 67: 277- 279.
- Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*. 2000; 23: 1647–1666.
- Lieber RL. *Skeletal Muscle Structure, Function and Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation*. Baltimore: Williams & Wilkins, 2002.
- Maffulli N, Tallon C, Wong, J, Lim KP, Bleakney R. Early Weightbearing and ankle mobilization after open repair of acute midsubstance tears of Achilles tendon. *Am J Sports Med* 2003;.31:692-700.
- Maffulli N. Rupture of the Achilles tendon. *J Bone Joint Surg*. 1999; 81A: 1019 – 1036.
- Magee DJ. Perna, Tornozelo e Pé In: Magee, DJ, editor. *Disfunção Musculoesquelética*. 3 ed. São Paulo: Manole; 2002. p.621-695.
- Marques AP. Ângulos articulares dos membros inferiores. In: *Manual de Goniometria*. 2 ed. São Paulo: Manole; 2003. p.41-47.
- Mayer A, Frasson VB, Ott R, Fortuna RO, Vaz MA. Desequilíbrios musculares entre flexores dorsais e plantares do tornozelo após tratamento conservador e acelerado da ruptura do tendão calcâneo. *Fisiot Pesq, São Paulo*, v.17, n.2, abr/jun. 2010.
- Metzl JÁ, Ahmad CS, Levine WN. The ruptured achilles tendon: operative and non-operative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2008;1:161-164.
- Miyatani M, Kanehisa H, Ito M, Kawakami Y, Fukunaga T. The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 91:264-272.
- Mortensen HM, Skov O, Jensen PE. Early motion of the ankle after operative treatment of a rupture of the Achilles tendon. A prospective, randomized clinical and radiographic study. *J Bone Joint Surg Am*. 1999; 81: 983 – 990.
- Moutinho MMB, Ribak S, Toledo C, Andrade D. Vascularização do tendão de Aquiles: estudo experimental em cadáveres. *Rev Bras Ortop* 1989;24:33-35.

- Mullaney MJ, McHugh MP, Tyler TF. Weakness in end-range plantar flexion after Achilles tendon repair. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34: 1120-1125.
- Muraoka T, Chino K, Muramatsu T, Fukunaga T, Kanehisa H. In vivo passive mechanical properties of the human gastrocnemius muscle belly. *Journal of Biomechanics*. 2005;38:1213-1219.
- Narici MV, Cerretelli P. Changes in human muscle architecture in disuse-atrophy evaluated by ultrasound imaging. *J Gravit Physiol*. 1998; 5(1):73- 74.
- Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND, Capodaglio P. Effect of aging on human muscle architecture. *J Appl Physiol*. 2003; 95 (6):2229-2234.
- Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND. Myotendinous alterations and effects of resistive loading in old age. *Scand J Med Sci Sports*. 2005;15:392-401.
- Narici MV. Human skeletal muscle architecture studied in vivo by non-invasive imaging techniques: functional significance and applications. *J Electromyogr Kinesiol*. 1999; 9: 97-103.
- Nery CAS, Alloza JFM, Laurino CFS, Tanaka GS. Avaliação da força muscular isocinética do pé e do tornozelo após tratamento cirúrgico das lesões do tendão de Aquiles, utilizando a transferência do tendão do fibular curto. *Rev Bras Ortop*. 1997; 32:503-512.
- Nicholas A. et. al., Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708.
- Norkin CC, White DJ. *Medida do Movimento Articular*. Ed. Artes Médicas, 2 ed., São Paulo, 1995.
- Ott RD. Efeitos de um programa de reabilitação acelerado após o tratamento cirúrgico da ruptura aguda do tendão de Aquiles. Dissertação (Mestrado em ciências da saúde área de concentração: clínica cirúrgica) – Faculdade de Medicina, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- Ozkaya U, Parmaksizoglu AS, Kabukcuoglu Y, Sokucu S, Basilgan S. Open minimally invasive achilles tendon repair with early rehabilitation. Functional results of 25 consecutive patients. *Injury, Int. J. Care Injured*. 2009; 40:669-672.

- Pajala A, Kangas J, Ohtonen P, Leppilahti J. Rerupture and deep infection following treatment of total Achilles ruptures. *J Bone Joint Surg.* 2002; 84A:2016-2021.
- Palmer, LM.; Epler, ME. Tornozelo e Pé: In: Palmer, LM.; Epler, ME. *Fundamentos das Técnicas de Avaliação Musculoesquelética.* 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan;2000. p.302-336.
- Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA, Cordova ML, Porter DA, Edwards JE, Babington P, Krause BA, Stone MB. Arthrogenic muscle response to a simulated ankle joint effusion. *Br J Sports Med.* 2004; 38:26–30.
- Reis FA. Et al. Análise da confiabilidade do método figura oito e da volumetria para mensuração do edema do tornozelo. *Rev Bras Med Esporte.* Vol. 10, Nº6, Nov/Dez, 2004.
- Seynnes OR, Erskine RM, Maganaris CN, Longo S, Simoneau EM, Grosset JF, Narici MV. *J Appl Physiol.* 2009; 107(2):523-530.
- Shah SB, Peters D, Jordan KA, Milner DJ, Fridén J, Capetanaki Y, Lieber RL. Sarcomere number regulation maintained after immobilization in desmin-null mouse skeletal muscle. *J Experim Biol.* 2001;(204):1703-1710.
- Suchak AA, Spooner C, Reid DC, Jomha NM. Postoperative rehabilitation protocols for Achilles tendon ruptures. A meta-analysis. *Clin Orthopaed Rel Research.* 2006; 445: 216 - 221.
- Thermann H. Die Behandlung der Achillessehnen-ruptur. *Unfallchirurg.* 1998;101:299 – 314.
- Vaz MA, Fração VB, Pressi MAS, Scheeren EM. Adaptação funcional do sistema musculoesquelético a demandas funcionais específicas: o caso dos movimentos repetitivos no trabalho. In: *Saúde e Trabalho no Rio Grande do Sul: Realidade, Pesquisa e Intervenção.* Porto Alegre: UFRGS Editora. 215-267, 2004.
- Veldhizen J, Verstappen F, Vroemen J, Kuipers H, Greep J. Functional and morphological adaptations following four weeks of knee immobilization. *Int J Sports Med.* 1993;14:283-287.
- Wexler RK. The injured ankle. *Am Fam Physician.* 1998; 57:474-480.
- Wong J, Barrass V, Maffulli N. Quantitative review of operative and nonoperative management of Achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med.* 2002; 30:565-575.

Yotsumoto T, Miyamoto W, Uchio Y. Novel approach to repair of acute Achilles tendon rupture: Early recovery without postoperative fixation or Orthosis. *Am J Sports Med.* 2010; 38:287-292.

ANEXO I



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Ofício 220/08-CEP

Porto Alegre, 13 de março de 2008.

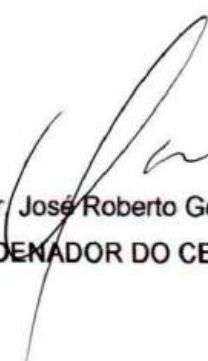
Senhor(a) Pesquisador(a)

O Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS apreciou e aprovou seu protocolo de pesquisa registro CEP 07/04008, intitulado: **"Tratamento cirúrgico da ruptura aguda do tendão de aquiles: estudo comparativo entre dois protocolos de reabilitação"**.

Sua investigação está autorizada a partir da presente data.

Relatórios parciais e final da pesquisa devem ser entregues a este CEP.

Atenciosamente,



Prof. Dr. José Roberto Goldim
COORDENADOR DO CEP-PUCRS

Ilmo(a) Sr(a)
Profa Viviane Bortoluzzi Fração
N/Universidade

PUCRS

Campus Central
Av. Ipiranga, 6690 – 3º andar – CEP: 90610-000
Sala 314 – Fone Fax: (51) 3320-3345
E-mail: cep@pucrs.br
www.pucrs.br/prppg/cep

ANEXO II



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
CARTA DE APROVAÇÃO

pro - pesq

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

Número : 2007879

Título : Tratamento cirúrgico da ruptura aguda do tendão de Aquiles: estudo comparativo entre dois protocolos de reabilitação

Pesquisador (es) :

<u>NOME</u>	<u>PARTICIPAÇÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
MARCO AURELIO VAZ	PESQ RESPONSÁVEL	marcovaz@esef.ufrgs.br	33085869
DENIZAR ALBERTO DA SILVA MELO	PESQUISADOR		
RAFAEL OTT	PESQUISADOR	00030953@ufrgs.br	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 31 , ata nº 111 , de 24/07/2008 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, quarta-feira, 30 de julho de 2008


ILMA SIMONI BRUM DA SILVA
Coordenador do CEP-UFRGS

ANEXO III



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
CARTA DE APROVAÇÃO



O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

Número : 2007882

Título : Avaliação da arquitetura músculo-tendínea na reabilitação do tratamento cirúrgico da ruptura aguda do tendão de Aquiles

Pesquisador (es) :

<u>NOME</u>	<u>PARTICIPACÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
MARCO AURELIO VAZ	PESQ RESPONSÁVEL	marcovaz@esef.ufrgs.br	33085869
RAFAEL OTT	PESQUISADOR	00030953@ufrgs.br	
RAFAEL REIMANN BAPTISTA	PESQUISADOR	baptistarafeal@terra.com.br	33085869
VIVIANE BORTOLUZZI FRAÇÃO	PESQUISADOR	vivibf@hotmail.com	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 29 , ata nº 109 , de 19/6/2008 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, segunda-feira, 30 de junho de 2008


ILMA SIMONI BRUM DA SILVA
 Coordenador do CEP-UFRGS

ANEXO IV

Fase I- Fisioterapia Ambulatorial – Grupo Acelerado

1ª Semana de fisioterapia - (terceira semana da cirurgia):

- Tirar o robofoot
- Exercícios ativos livres de abdução, adução (Decúbito lateral) e flexão do quadril - MI oposto fletido apoiado para estabilizar - (2 séries de 15 repetições)
- Exercícios passivos e ativos de metatarsofalangianas e interfalangianas – cuidar para paciente realizar movimento completo - (2 séries de 15 repetições passivas / 2 séries de 15 repetições ativas)
- Exercícios passivos e ativos do tornozelo: (2 séries de 15 repetições passivas / 2 séries de 15 repetições ativas)
 - Inversão e eversão
 - Plantiflexão até o limite da dor
 - Dorsiflexão (até o limite determinado pelo dinamômetro)
- Marcha com sustentação parcial do peso (colocar Robofoot, marcha de 3 pontos – muletas > pé operado > pé bom, sem passar pé operado)
- Crioterapia com compressão e elevação da articulação durante 20 minutos

2ª Semana de fisioterapia - (quarta semana cirurgia):

- Exercícios ativos livres de abdução, adução (Decúbito lateral) e flexão do quadril (3 séries de 15 repetições)
- Exercícios passivos e ativos de metatarsofalangianas e interfalangianas (3 séries de 15 repetições cada)
- Exercícios ativos e passivos do tornozelo
 - Inversão e eversão (3 séries de 15 repetições)
 - Plantiflexão até o limite da dor - (2 séries de 15 repetições em cada posição)
 - Dorsiflexão (até o limite dinamômetro) com joelho estendido e com joelho fletido (até o limite dinamômetro) – (2 séries de 15 repetições em cada posição)
- Marcha com sustentação do peso (marcha de 2 pontos com duas muletas, com Robofoot)
- Crioterapia com compressão e elevação da articulação durante 20 minutos

3ª Semana de fisioterapia - (quinta semana cirurgia):

- Exercícios ativos livres de abdução, adução (Decúbito lateral) e flexão do quadril (3 séries de 20 repetições)
- Exercícios ativos e passivos de metatarsofalangianas e interfalangianas (3 séries de 20 repetições cada)
- Exercícios passivos e ativos do tornozelo:
 - Inversão e Eversão (2 séries de 20 repetições)
 - Plantiflexão até o limite da dor (2 séries de 20 repetições)

- Dorsiflexão (até limite dinamômetro) com joelho estendido e com joelho fletido (limite dinamômetro) – (2 séries de 20 repetições em cada posição)

- Alongamentos de dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo – 3 repetições mantendo 20 seg
- Exercício flexão de joelho em ortostase (2 séries de 15 repetições)
- Treino de marcha com apoio total. (com Robofoot e somente uma muleta)

4ª Semana de fisioterapia - (sexta semana cirurgia)

- Exercícios ativos de abdução, adução (Decúbito lateral) e flexão do quadril (3 séries de 20 repetições) com 1kg
- Exercícios ativos de metatarsofalangianas e interfalangianas (3 séries de 20 repetições ativas)
- Exercícios passivos de inversão e eversão só com joelho estendido (2 séries de 20 repetições)
- Exercícios passivos de planti e dorsi, (até limite dinamômetro), com joelho fletido e estendido (2 séries de 20 repetições)
- Exercícios resistidos de tornozelo, utilizando-se de uma faixa elástica (thera-band vermelha) como resistência para: eversão, inversão, plantiflexão, dorsiflexão, (2 séries de 15 repetições cada com 5% peso corporal).
- Alongamentos de dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo. 5x de 20 seg
- Exercício ativo de flexão de joelho em ortostase (3 séries de 15 repetições) com 1kg.
- Treino de marcha com apoio total com robofoot

5ª Semana de fisioterapia - (sétima semana cirurgia)

- Exercícios ativos de abdução, adução (Decúbito lateral) e flexão do quadril (3 séries de 20 repetições) com 2kg.
- Exercícios resistidos de tornozelo, utilizando-se de uma faixa elástica (thera-band preta) como resistência para: eversão, inversão, plantiflexão, dorsiflexão (2 séries de 15 repetições cada – 10% peso corporal)
- Alongamentos de dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo (5x 20seg)
- Exercício ativos de flexão de joelho em ortostase (3 séries de 20 repetições) com 2kg
- Transferências L-L; A-P; P-A
- Treino apoio unipodal
- Escada passo a passo
- Alongamento na prancha (3 repetições de 20 seg)
- Treino de marcha com apoio total sem robofoot

OBS: ADM liberada conforme tolerância

6ª Semana de fisioterapia - (oitava semana cirurgia)

- Exercícios ativos de abdução, adução (Decúbito lateral) e flexão do quadril (3 séries de 20 repetições) com 3kg.
- Exercícios resistidos de tornozelo, utilizando-se de uma faixa elástica (thera-band preta) como resistência para: eversão, inversão, plantiflexão, dorsiflexão (2 séries de 15 repetições cada – 20% peso corporal)

- Alongamentos de dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo (5x 20seg)
- Exercícios de flexão de joelho em ortostase (3 séries de 20 repetições) com 3kg
- Exercício de agachamento com apoio bipodal, no espaldar (2 séries de 10 repetições)
- Exercício resistido de plantiflexão em ortostase com apoio bipodal (2 séries de 10 repetições)
- Equilíbrio unipodal na cama elástica (2 min)
 - 1ª em pé cama elástica
 - 2ª em pé cama elástica fle/ext/abd/adu.
 - 3ª em pé cama elástica com bola
- Alongamento na prancha (3x20seg)
- Crioterapia com compressão e elevação da articulação durante 20 min

ANEXO V

**Laboratório de Pesquisa do Exercício**

Telefone: (051) 33085860

Fax: (051) 33085858

Email: marcovaz@esef.ufrgs.br

**PROGRAMA DE EXERCÍCIOS PÓS-OPERATÓRIO DE RUPTURA DO TENDÃO DE AQUILES****GRUPO TRADICIONAL E ACELERADO****OBJETIVO DO PROGRAMA DE FISIOTERAPIA**

1. Reduzir a dor e o edema causados pela cirurgia de sutura do Tendão de Aquiles.
2. Fortalecer os músculos que atuam sobre o tornozelo.
3. Melhorar a propriocepção em torno do tornozelo.

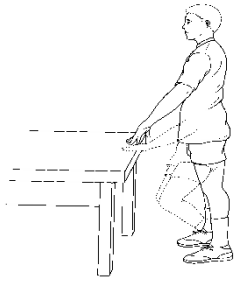

ORIENTAÇÕES

1. Realize o programa de exercícios todos os dias, durante 6 semanas.
2. Utilize gelo sobre o tornozelo por 20 minutos após os exercícios.
3. Qualquer dúvida, ou dificuldade na execução do seu programa, entre em contato conosco (Lapex: Falar com o Alexandre Mayer – Fones: 3308-5851, 3308-5859).




IMPORTANTE:

NAS PRIMEIRAS 3 SEMANAS DO PROGRAMA VOCÊ REALIZARÁ OS EXERCÍCIOS ABAIXO:

<p>1. Sentado ou deitado de costas, com os joelhos estendidos. Execute movimentos do tornozelo e pé para cima e para baixo. Realize 3 séries de 20 repetições.</p>	
<p>2. Em pé segure-se em uma cadeira e distribua o peso igual nas pernas. Suba e desça na ponta dos pés. Realize 3 séries de 20 repetições.</p>	

<p>4. Em pé, apoiado em uma mesa ou em uma cadeira, realize flexões e extensões de joelho com as duas pernas (exercício de agachamento). Inicie o exercício realizando 3 séries de 10 repetições e progrida até 3 séries de 30 repetições.</p>	
<p>6. Em pé, apóie o pé operado para trás mantendo o joelho estendido. Flexione o joelho da frente. Você vai sentir alongar os músculos da panturrilha (da parte de trás da perna) do lado operado. Mantenha a posição por 20 segundos. Repetir 5 vezes.</p>	

NAS SEMANAS SEGUINTES VOCÊ REALIZARÁ OS EXERCÍCIOS ABAIXO:

<p>1. Sentado ou deitado de costas, com os joelhos estendidos. Execute movimentos do tornozelo e pé para cima e para baixo. Realize 3 séries de 20 repetições.</p>	
<p>3. Em pé segure-se em uma cadeira e permaneça apoiado apenas sobre o pé operado. Suba e desça na ponta do pé. Realize 3 séries de 20 repetições.</p>	
<p>5. Em pé, tente permanecer apoiado sobre o pé lesionado. Flexione e estenda o joelho. Realize 3 séries de 20 repetições.</p>	

6. Em pé, apóie o pé operado para trás mantendo o joelho estendido. Flexione o joelho da frente. Você vai sentir alongar os músculos da panturrilha (da parte de trás da perna) do lado operado. Mantenha a posição por 20 segundos. Repetir 5 vezes.



ANEXO VI

TERMO DE CONSENTIMENTO

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é apenas parte de um processo de consentimento informado de um projeto de pesquisa do qual você participará como sujeito. Ele deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto, e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento.

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa cujo o objetivo é comparar a estrutura e a função de um dos músculos que movimentam o tornozelo após a cirurgia de sutura do tendão de Aquiles, bem como da estrutura do próprio tendão de Aquiles, de sujeitos reabilitados através de protocolos de tratamento acelerado e conservador. Caso você não tenha rompido o tendão, fará parte do nosso grupo controle e realizará apenas as avaliações. A estrutura muscular e tendinosa serão avaliadas por meio de um exame de ecografia, enquanto a função muscular será avaliada através de teste de força máxima em um dinamômetro e através da eletromiografia de superfície.

Caso concordes em participar do estudo você poderá pertencer ao tratamento conservador ou acelerado. O tratamento tradicional consiste em ficar com o tornozelo imobilizado com uma bota de gesso, num período de seis semanas, sendo que haverá troca deste gesso por outro na terceira semana. O seu tornozelo será avaliado no momento de retirada do gesso (final da sexta semana). Após a retirada do gesso você receberá uma lista de exercícios e orientação na execução dos mesmos, que será realizada em sua casa.

Já o tratamento acelerado consiste na movimentação precoce do seu tornozelo. Neste grupo, após o procedimento cirúrgico você não ficará com a perna em bota de gesso, e sim com uma imobilização que pode ser retirada do tornozelo (robofoot) durante os exercícios. Sendo assim, você ficará imobilizado com robofoot por 2 semanas, após será submetido a seis semanas de sessões de Fisioterapia para reabilitar o seu tornozelo. Nessas sessões, serão realizados exercícios como: levantar e abaixar a coxa, abrir e fechar a coxa, esticar e dobrar os dedos dos pés, levantar e abaixar o pé, treinar a forma mais correta de caminhar, treino de equilíbrio, alongar as pernas, além de aplicar gelo no tornozelo no final das sessões. Em alguns destes exercícios, será colocado algum tipo de peso, para dificultar um pouco mais a realização do movimento para poder ganhar mais força muscular. As sessões de fisioterapia serão realizadas no Setor de Fisioterapia e Fisioterapia do Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), três vezes por semana, com duração de 60 minutos, num período de 6 semanas.

Independente do grupo em que você for alocado, seu tornozelo será avaliado no transoperatório na PUCRS, e com 45 dias da cirurgia, com 3, 6 meses, 1 ano e caso seja necessário entraremos em contato para realizar outras reavaliações. As avaliações serão realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a fim de observar os resultados a curto e longo prazo após procedimento cirúrgico e de reabilitação.

Existe a possibilidade de uma nova ruptura do tendão de Aquiles em ambos os grupos caso as orientações passadas não sejam seguidas corretamente por você. Também existe risco de que ocorra vermelhidão da pele no local de posicionamento dos eletrodos de

eletromiografia. Além disso, também existe o risco de que ocorra desconforto muscular após os teste de força máxima no dinamômetro. Tanto a vermelhidão quanto o desconforto desaparecerão em no máximo dois dias.

Os benefícios em relação à sua participação do estudo são a orientação em relação aos exercícios de reabilitação para realização no domicílio no caso dos pacientes do grupo controle e o programa de reabilitação no caso do grupo experimental. Além disso, as avaliações musculares e do tendão fornecerão informações importantes para determinação do andamento do processo de reabilitação, além de indicar se o desequilíbrio muscular decorrente da ruptura do tendão e do período de imobilização retornou a valores de normalidade.

Os resultados deste estudo serão utilizados única e exclusivamente para fins de pesquisa, assim sendo, sua identidade será mantida em sigilo absoluto. A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação nesse projeto e você concorda em participar como sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores, patrocinadores, ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações durante a sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor contatar o Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz (Fone: 3308.5860), ou o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Fone: 3308.4085), ou telefone do fisioterapeuta responsável pelos atendimentos de fisioterapia na Escola Superior de Educação Física (EsEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Alexandre Mayer (Fone: 99390995).

_____ /____/____
Assinatura do paciente **Nome** **Data**

_____ /____/____
Assinatura do pesquisador **Nome** **Data**

ANEXO VII - ANAMNESE

PROJETO RUPTURA DO TENDÃO DE AQUILES - 2ª ETAPA																
FICHA DE CADASTRAMENTO																
Dados de Identificação																
1. Nome Completo																
2. Data Nascimento		3. Idade		4. Sexo		5. Estado Civil			6. Cor							
/ /				Fem Masc												
7. Endereço Residencial																
8. Nº		9. Casa/apto		10. Bairro		11. Cidade		12. UF		13. CEP						
14. Profissão:			15. Ocupação atual:			16. Escolaridade:										
17. Endereço Comercial																
18. Nº		19. Bairro		20. Cidade		21. UF		22. CEP								
Contatos																
23. Fone Celular:			24. Fone Residencial:			25. Contato para Recado			26. Email:							
						Nome: Nº:										
Hábitos de Vida																
27. Atividade Física:			28. Tipo?		29. Tempo (meses)		30. Frequência semanal?			31. Com acompanhamento?						
32. Fumo:		33. Quanto tempo (meses/anos)?			34. Quantos por dia?											
35. Sono:			36. Insônia ()		37. Ronco ()		38. Sonolência ()		39. Etilismo:		40. Frequência:		41. Drogas:		42. Lazer:	
História da Lesão Atual																
43. Tendão rompido: () Direito () Esquerdo				44. Membro Dominante: () Direito () Esquerdo												
45. Sintomas prévios no tendão rompido:																
46. Realizou algum tratamento: () Sim () Não																
47. Mecanismo de lesão:																
48. Como o pé estava posicionado durante a lesão?																
49. Foi capaz de continuar a atividade após a lesão?																
50. Apresentou aumento do volume ou equimose?																
51. Sintomas após a lesão:																
52. Data da lesão: / /				53. Data da cirurgia: / /		54. Tempo entre lesão e a cirurgia:			55. Nº Calçado:							
56. Lesões em MIs: Tendinite () Entorse () Fraturas () Luxações () Contusões () Ligamentar ()								57. Onde e realizou tratamento?								
História Médica Prévia																
58. Doenças da vida adulta:																
59. Doenças psiquiátricas:																
60. Cirurgias Realizadas:																
61. Traumatismos:																
62. Hospitalizações:																
63. Medicamentos em uso (nome, frequência e tempo de uso):																
64. Alergias:																
65. Ansiedade/Depressão:																
História Familiar																
66. Algum caso na família de ruptura de tendão ou lesão tendinosa?																
67. Escala de Dor																
68. Queixa Principal																
Medidas Antropométricas																
69. Peso:		70. Altura:														
Membro Inferior DIREITO						Membro Inferior ESQUERDO										
71. Comprimento Perna:						72. Comprimento Perna:										
71.1 Linha articular joelho até Malelo lateral:						72.1 Linha articular joelho até Malelo lateral:										
71.2 Linha articular do joelho 30% do comprimento:						72.2 Linha articular do joelho 30% do comprimento:										
71.3 Cabeça da fíbula até malelo lateral:						72.3 Cabeça da fíbula até malelo lateral:										
71.4 Perimetria do tornozelo em Oito:						72.4. Perimetria do tornozelo em Oito:										
Observações Diversas																

ANEXO VIII

Protocolo de avaliação funcional

Tabela de escore de evolução modificada por Thermann (1998).

Parâmetro	Pontuação
Redução do ângulo de dorsiflexão	
Nenhum	10
5°	5
10°	2
Maior que 10°	0
Alteração em plantiflexão espontânea	
Ausente	10
5°	5
10°	2
Maior que 10°	0
Diferença de circunferência do tornozelo	
Ausente	10
1cm	5
2cm	3
Maior que 2 cm	0
Tempo de manutenção isométrica de calcanhar em elevação	
1 minuto	10
10 segundos	5
sem sustentação	1
impossível	0
Teste de thompson	
negativo	5
positivo	0
Pico de torque	
maior que 95%	10
85%	8
75%	6
65%	2
menor que 65%	0
Dor	
ausente	10
somente em esforço máximo	8
somente em esforço médio	3
somente em esforço mínimo	2
em descanso	0
Perda subjetiva de força	
ausente	10
menor perda em esforço máximo	8
menor perda em esforço normal	6
moderada perda em esforço normal	2
perda severa	0
Inabilidade de performance esportiva	
em nível prévio	10
mínima restrição	8

moderada restrição	3
impossível	0
Hipersensibilidade a trocas meteorológicas	
ausente	5
presente	0
Avaliação subjetiva do paciente	
muito boa	10
boa	8
moderada	6
ruim	2
péssima	0

Resultado:

90 a 100 pontos = muito bom

80 a 89 pontos = bom

70 a 79 pontos = moderado

60 a 69 pontos = fraco

abaixo de 60 pontos = muito fraco

ANEXO IX

AOFAS	Questionário para retropé e tornozelo
--------------	--

Paciente _____ Data: _____

Pontuação Máxima: 100 pontos

Pontuação Final:

Dor (40 pontos)	
Nenhuma	40
Leve, ocasionalmente	30
Moderada, diariamente	20
Severa, quase sempre presente	0
Função - Limitação nas atividades, necessidade de auxílio (muletas ou bengala)	
Sem limitações, sem necessidade de auxílio	10
Sem limitações no dia a dia, limitações em atividades recreacionais, sem auxílio	7
Limitações no dia a dia e nas atividades recreacionais, necessidade de auxílio	4
Limitação severa no dia a dia e atividades recreacionais, necessidade de auxílio	0
Distancia máxima percorrida	
Maior que 6 quarteirões	5
4-6 quarteirões	4
1-3 quarteirões	2
Menos que 1 quarteirão	0
Andar em superfícies	
Nenhuma dificuldade em nenhuma superfície	5
Alguma dificuldade em terrenos irregulares, escadas e ladeiras	3
Dificuldade severa em terrenos irregulares, escadas e ladeiras	0
Anormalidades na marcha	
Nenhuma, leve	8
Obvia	4
Acentuada	0
Mobilidade sagital (flexão e extensão)	
Normal ou restrição leve (30° ou mais)	8
Restrição moderada (15° a 29°)	4
Restrição severa (menos que 15°)	0
Mobilidade do retropé (inversão e eversão)	
Normal ou restrição leve (75-100% do normal)	6
Restrição moderada (25% -74% do normal)	3
Restrição marcada (menos de 25% do normal)	0

Estabilidade do retrope (antero-posterior, varo-valgo)	
Estável	8
Definitivamente instável	0
Alinhamento	
Bom, retrope bem alinhado	10
Regular, algum grau de desalinhamento do tornozelo, sem sintomas	5
Ruim, desalinhamento severo, com sintomas	0

Ref.: Kitaoka, H.B;Alexander, I.J; Adelaar, R.S;Myerson, M.S;Sanders,M. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. Foot & Ankle Int.15;349-353, 1994.

ANEXO X

FAOS – Questionário para pé e tornozelo

Paciente: _____ **Data:** _____

Tradução do FAOS 42 itens estão subdivididos em 5 subescalas: Dor, Outros Sintomas, Atividades de Vida Diária, Atividades esportivas e recreacionais e Qualidade de Vida relacionada ao pé e tornozelo. As 5 opções de resposta são dadas após cada item.

DOR		Pontuação
P1 Qual a frequência que você sente dor no tornozelo ou no pé? Qual a intensidade de dor que você sentiu na última semana durante as seguintes atividades?	Nunca, Mensalmente, Semanalmente, Diariamente, Sempre	
P2. Rodando sobre o seu tornozelo ou o pé	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P3. Forçando o seu pé completamente para baixo	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P4. Forçando o seu pé completamente para cima	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P5. Andando sobre uma superfície plana	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P6. Subindo ou Descendo escadas	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P7. Em repouso na cama	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P8. Ao sentar-se/deitar-se	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
P9. Em pé	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
OUTROS SINTOMAS		
S1 Qual o grau de rigidez do seu tornozelo/ pé logo quando você acorda? S2. Qual o grau de rigidez após sentar, deitar ou ao descansar mais tarde durante o dia?	Nenhum, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
Sy1. Você tem inchaço no seu pé/tornozelo?	Nunca, Raramente, Às vezes, Frequentemente, Sempre	
Sy2. Você sente ranger, estalar ou qualquer outro tipo de som quando o movimenta o pé?	Nunca, Raramente, Às vezes, Frequentemente, Sempre	
Sy3. O seu pé trava ou fica bloqueado aos movimentos?	Nunca, Raramente, Às vezes, Frequentemente, Sempre	
Sy4. Você consegue forçar o seu pé completamente para baixo?	Sempre, Frequentemente, Às vezes, Raramente, Nunca	
Sy5. Você consegue forçar o seu pé	Sempre, Frequentemente, Às	

completamente para cima?	vezes, Raramente, Nunca	
ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA Qual a dificuldade que você sentiu nesta última semana :		
A1. Descendo escadas	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A2. Subindo escadas	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A3. Levantando-se a partir da posição sentada	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A4. Em pé	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A5. Curvando-se para pegar um objeto no chão	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A6. Andando em superfícies planas	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A7. Entrando e saindo do carro	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A8. Indo às compras	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A9. Colocando meias	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A10. Levantando-se da cama	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A11 Tirando as meias	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A12 Virando-se na cama mantendo a mesma posição do tornozelo/pé	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A13. Entrando ou saindo do banho	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A14 Sentando	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A15. Sentando e levantando do vaso sanitário	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A16. Realizando tarefas domésticas pesadas (deslocando caixas pesadas, esfregando o chão, etc)	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
A17. Realizando tarefas domésticas leves (cozinhando, varrendo, barbeando-se etc)	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
Atividades ESPORTIVAS E RECREACIONAIS Qual a dificuldade que você sentiu ou sentiria nesta última semana :		
Sp1. Agachando	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
Sp2. Correndo	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
Sp3. Pulando	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	

Sp4. Mudando de direção sobre o seu tornozelo/.pé lesionado	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
Sp5. Ajoelhando-se	Nenhuma, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	
QUALIDADE DE VIDA EM RELAÇÃO AO PÉ E TORNOZELO		
Q1. Com que frequência que você percebeu os problemas do seu tornozelo/pé?	Nunca, Mensalmente, Semanalmente, Diariamente, Sempre	
Q2. Você tem modificado seu estilo de vida para evitar atividades potencialmente danosas para o seu tornozelo/pé?	Não, um pouco, Moderadamente, Muito, totalmente	
Q3. O quanto você está incomodado com a falta de confiança no seu pé/tornozelo?	Não, Um pouco, Moderadamente, Muito, Totalmente	
Q4. No geral, qual grau de dificuldade você tem com o seu tornozelo/pé?	Nenhum, Leve, Moderada, Acentuada, Extrema	

Ref.: Ross, EM; Brandsson, S; Karlsson, J : Validation of the foot and ankle outcome score for ankle ligament reconstruction. Foot & ankle.,22:788-794, 2001

ANEXO XI


QUESTIONÁRIO - IPAQ

Nós estamos interessados em descobrir a respeito do tipo de atividade física que as pessoas fazem como parte das suas vidas diárias. Você será questionado sobre o tempo que gastou em atividades físicas **nos últimos sete dias**. Por favor, pense nas atividades que você faz no trabalho, assim como em tarefas de casa ou na rua (jardim, quintal), deslocando-se de um lugar a outro, em recreação, exercícios ou esporte.

Pense a respeito de todas as atividades vigorosas que você fez **nos últimos sete dias**. Atividades físicas **vigorosas** referem-se àquelas que lhe solicitaram grande esforço físico e intensificaram muito a sua respiração além do normal. Pense apenas nestas atividades físicas que você fez por no mínimo 10 minutos a cada vez.

1. Durante a última semana, quantos dias você realizou alguma atividade física vigorosa, como levantar peso, cavar, ginástica aeróbica ou pedalar rapidamente?

_____ dias na semana

Nenhuma atividade física vigorosa  vá para questão 3

2. Quanto de tempo você despendeu fazendo atividade física vigorosa em um destes dias?

_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

Pense em todas as atividades **moderadas** que você fez **nos últimos sete dias**. Atividades Moderadas referem-se àquelas que lhe exigiram moderado esforço físico e alguma intensificação na sua respiração além do normal. Pense nas atividades físicas que realizou por, no mínimo 10 minutos cada vez.

3. Durante a **última semana**, quantos dias você realizou alguma atividade física moderada, como carregar pequenas cargas, pedalar em superfície regular ou jogar tênis de dupla? Não inclua caminhada.

_____ dias na semana

nenhuma atividade física moderada  vá para questão 5

4. Quanto de tempo você usualmente despendeu fazendo atividade física moderada em um destes dias?

_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

5. Durante a última semana, quantos dias você caminhou por no mínimo 10 minutos?

_____ dias na semana

nenhuma caminhada  vá para questão 7

6. Quanto de tempo você usualmente despendeu caminhando em um destes dias?

_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

A última questão é a respeito do tempo despendido sentado nos dias da semana. Inclui tempo sentado no trabalho, em casa, fazendo tarefas de estudo e tempo de folga. Pode incluir tempo sentado à mesa, visitando amigos, leitura ou assistindo televisão.

7. Durante a última semana, quanto de tempo você dispendeu em um dia da semana ?

_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza