

Jessica Henriques Duarte Chelidonopoulos

Paula Renata Soares Procópio

Pollyana Ruggio Tristão Borges

**RIGIDEZ E DESEMPENHO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS
COM RECONSTRUÇÃO DO TENDÃO DE AQUILES**

Belo Horizonte

2014

Jessica Henriques Duarte Chelidonopoulos

Paula Renata Soares Procópio

Pollyana Ruggio Tristão Borges

RIGIDEZ E DESEMPENHO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM RECONSTRUÇÃO DO TENDÃO DE AQUILES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Graduação em Fisioterapia, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito à obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Juliana de Melo Ocarino

Co-orientador: Me. Thiago Ribeiro Teles dos Santos

Belo Horizonte

2014

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por nos iluminar e nos guiar durante a escrita deste trabalho, sendo possível sua construção com sucesso.

À nossa orientadora Prof^a. Dr^a. Juliana Ocarino pela dedicação, atenção e disponibilidade durante todo o processo. Você é um exemplo de profissional e professora para nós e temos muito orgulho de termos tido a oportunidade de sermos suas alunas.

Ao doutorando Thiago Teles, pelo apoio e paciência e por se fazer presente mesmo estando em outro país.

A todos os professores, que contribuíram imensamente para nossa formação e nos transmitiram tanto conhecimento.

Aos nossos voluntários, fundamentais para a realização deste trabalho.

A todos os amigos e familiares, pelo apoio, compreensão e carinho dedicados.

Agradecemos a todos que contribuíram para que este trabalho fosse concluído, para a nossa formação e sucesso.

*“Não há no mundo exagero mais belo que a gratidão.”
Jean de la Bruyere*

RESUMO

O tendão de Aquiles é um dos tendões que mais sofrem ruptura no corpo humano e a incidência de ruptura desse tendão está em crescimento. O tratamento de forma cirúrgica tem sido o mais recomendado atualmente, porém é sabido que um período de imobilização pode levar a alterações nas propriedades biomecânicas dos tecidos muscular e conectivo. Dentre essas alterações se encontram aquelas relacionadas à rigidez passiva e desempenho muscular. Alterações nos valores normais desses parâmetros podem diminuir a capacidade dos tecidos de suportar as forças impostas e proteger a articulação durante tarefas funcionais. Entretanto, espera-se que com o tempo e a reabilitação essas propriedades alcancem valores comparáveis aos de indivíduos sem lesão ou cirurgia. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a rigidez passiva de tornozelo e o desempenho muscular do tríceps sural em indivíduos submetidos à reconstrução unilateral de tendão de Aquiles que já tenham realizado reabilitação e comparar com indivíduos sem história de lesão. A amostra foi composta de 20 indivíduos submetidos à cirurgia unilateral de reconstrução do tendão de Aquiles (grupo operado - OP) e 20 indivíduos sem história de lesão nos membros inferiores (grupo não operado - NOP). A rigidez passiva do tornozelo foi avaliada por meio do teste de Posição de Primeira Resistência Detectável do Tornozelo. O desempenho muscular concêntrico e excêntrico (pico de torque e trabalho máximo em uma repetição) foi avaliado por meio do dinamômetro isocinético a uma velocidade de 30°/s. Foram avaliadas as variáveis de média de rigidez e desempenho muscular entre membros inferiores e entre grupos para as duas variáveis, a interação membro inferior x grupo, bem como as assimetrias entre grupos. ANOVA mista identificou menor rigidez no lado operado/não-dominante ($p=0,007$) e maior diferença de rigidez entre os membros inferiores do grupo OP quando comparado a do grupo NOP ($p=0,032$), sendo que o membro inferior operado do grupo OP apresentou menor rigidez. Teste t independente identificou maior assimetria de rigidez no grupo OP que no grupo NOP ($p=0,011$). Com relação ao desempenho muscular, uma MANOVA identificou diferença apenas nas variáveis de assimetria, sendo que o grupo OP foi significativamente mais assimétrico que o grupo NOP nas variáveis de assimetria de trabalho concêntrico ($p=0,012$) e assimetria de trabalho excêntrico ($p=0,012$). Foi observado ainda um efeito marginal na assimetria de pico de torque concêntrico ($p = 0,07$). Os resultados demonstraram

que indivíduos submetidos a essa cirurgia, mesmo após a reabilitação, apresentaram assimetrias, sendo o lado operado menos rígido e com menor capacidade de realização de trabalho muscular.

Palavras-chave: Ruptura de tendão de Aquiles. Reconstrução tendínea. Rigidez articular. Desempenho muscular.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	MATERIAIS E MÉTODO	9
2.1	Amostra	9
2.2	Instrumentos e procedimentos	10
2.2.1	Posição de Primeira Resistência Detectável do Tornozelo (PPRDT).....	10
2.2.2	Avaliação isocinética dos flexores plantares	12
2.3	Redução dos dados	13
2.4	Análise Estatística	14
3	RESULTADOS	15
4	DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O tendão de Aquiles é um dos tendões que mais sofrem ruptura no corpo humano¹ e a incidência de ruptura desse tendão está em crescimento². Geralmente, a ruptura ocorre durante práticas esportivas^{3,4}, sejam elas recreativas ou profissionais⁵. O tratamento de forma cirúrgica tem sido o mais recomendado atualmente⁶. Após a cirurgia de reconstrução do tendão de Aquiles é necessário que os indivíduos fiquem imobilizados e sem descarga de peso de 4 a 9 semanas^{7,8}. É sabido que um período de imobilização pode levar a alterações nas propriedades biomecânicas dos tecidos muscular e conectivo⁹. Dentre essas alterações se encontram aquelas relacionadas à rigidez passiva e desempenho muscular^{9,10}. Dessa forma, aqueles indivíduos que sofreram ruptura aguda do tendão de Aquiles e foram submetidos à reconstrução cirúrgica podem apresentar alterações nessas propriedades. Essas alterações contribuem para o risco de novas lesões e rerrupturas do tendão, além de prejudicar o desempenho nas atividades funcionais¹¹ desses sujeitos e, por isso, devem ser consideradas na avaliação clínica.

A rigidez é definida pela relação entre a quantidade de deformação de um determinado corpo em resposta à aplicação de uma força^{12,13}. Ela representa a resistência de uma articulação à deformação e é influenciada pelas propriedades mecânicas/elásticas do tecido conectivo (e.g. tendões, ligamentos e cápsulas) e do tecido muscular^{11,14,15}. Após uma imobilização, a rigidez pode se apresentar aumentada ou diminuída⁹. Dessa forma, nos indivíduos que passaram por cirurgia de reconstrução do tendão de Aquiles, seguida por imobilização do tornozelo, a rigidez da articulação do tornozelo pode apresentar-se alterada.

A redução ou aumento da rigidez pode gerar consequências biomecânicas danosas ao indivíduo, como surgimento de patologias e redução do desempenho durante tarefas funcionais¹¹: a redução da rigidez articular do tornozelo pode causar lesões e aumento da fadiga muscular, já que reduz o potencial elástico para absorver e reutilizar a energia, solicitando a musculatura de forma excessiva¹¹; o aumento da rigidez do tornozelo, por outro lado, pode dificultar a dorsiflexão durante a marcha, necessária para o avanço da tíbia sobre o tálus, gerando pronação subtalar excessiva, compensação associada a diversas patologias de membros inferiores¹¹.

Após um período de imobilização ocorre redução de água¹⁶ e glicosaminoglicanas¹⁶ associada à deposição desorganizada de colágeno imaturo tornando o tecido menos elástico e mais quebradiço⁹. Além disso, há alteração no componente muscular, como redução da massa muscular⁹, que é um fator que influencia a rigidez passiva¹⁴. Dessa forma, a contribuição dos tecidos conectivos e musculares no pós-operatório imediato faz com que a rigidez passiva fique aumentada, devido a imobilização da articulação. A longo prazo, através da reabilitação e volta às atividades funcionais, a rigidez pode alcançar níveis apropriados. Entretanto, se ainda houver redução da massa muscular, fraquezas musculares, aumento da flexibilidade muscular e frouxidão ligamentar, a rigidez pode tornar-se diminuída¹⁴. Por exemplo, com a redução da rigidez passiva os tecidos ao redor da articulação podem não ser capazes de gerar um torque adequado de resistência à movimentação semelhante ao anterior à lesão¹⁴, o que pode contribuir para maior susceptibilidade a novas lesões^{11,15}. Além disso, níveis adequados de rigidez são importantes para promover estabilidade e reduzir o gasto energético durante atividades funcionais¹⁴.

O desempenho muscular é caracterizado pela capacidade dos músculos de produzir torque, trabalho e potência¹⁷. Essa propriedade biomecânica também se encontra prejudicada em indivíduos que realizaram essa cirurgia, devido à redução de massa muscular decorrente do processo de imobilização^{18,19}. Sendo assim, o tecido muscular diminui sua capacidade de gerar e absorver energia⁹. Esse fator também pode predispor ao desenvolvimento de lesões⁹.

A importância de avaliar parâmetros como rigidez e desempenho muscular está no fato de que alterações em seus valores normais podem reduzir a capacidade dos tecidos de suportar as forças impostas e proteger a articulação durante tarefas funcionais^{11,17}. Isso é relevante nos sujeitos de pós-operatório de reconstrução de tendões, já que apresentam maiores chances de rerruptura²⁰ e de desenvolvimento de fraquezas musculares, prejudicando a volta às atividades ocupacionais ou esportivas²¹. Para evitar essas consequências e restaurar o nível de atividade funcional pré-ruptura é fundamental a reabilitação pós-cirúrgica nesses indivíduos²². Assim, após a reabilitação, é esperado que os valores de rigidez e desempenho muscular alcancem níveis comparáveis a indivíduos sem lesão.

Outro parâmetro importante a ser avaliado é a existência de assimetrias entre membros inferiores. Já se sabe que a presença de assimetrias tem sido citada

por muitos autores como fator preditor para ocorrência de lesões músculoesqueléticas^{17,23}, como as da articulação do joelho e tornozelo^{17,24}. A assimetria pode ser avaliada pelo dinamômetro isocinético¹⁷ e é usualmente definida como diferença entre membros inferiores acima de 15%^{24,25,26,27}. Em pacientes submetidos à reconstrução do tendão de Aquiles, o surgimento de assimetrias decorrente da cirurgia, pode constituir risco de rerruptura ou surgimento de outros tipos de lesão no membro inferior não operado²⁸. Além disso, a existência de assimetria mesmo após reabilitação, pode revelar a necessidade de continuidade do tratamento, seja por meio de intervenção fisioterápica ou implementação de algum programa de atividade física.

Na literatura, existem estudos que avaliaram a rigidez articular^{29,30}, o desempenho muscular^{29,30,31} e outras características musculares, como o trofismo do tríceps sural^{29,31}, após o procedimento cirúrgico de reconstrução do tendão de Aquiles. Alguns estudos encontraram redução da circunferência da panturrilha e do torque isométrico e passivo dos músculos flexores plantares²⁹. Outros encontraram redução do trabalho total de flexão plantar³¹, do pico de torque de flexão plantar e da rigidez passiva no membro inferior operado em relação ao membro não operado³⁰. Apesar das diferenças presentes nesses estudos quanto às variáveis escolhidas e ao protocolo utilizado, é possível observar diferença dos parâmetros de rigidez e desempenho muscular entre membros inferiores. Todos esses estudos avaliaram somente indivíduos de pós-operatório do tendão de Aquiles, sem comparar com indivíduos que não passaram por cirurgia ou lesão. Isso impede observar se esses indivíduos alcançaram valores de rigidez e desempenho muscular semelhantes a níveis pré-ruptura, importantes para a prevenção e/ou redução do risco de novas rupturas e lesões em membros inferiores. Como o retorno desses valores pré-lesão são esperados após reabilitação, torna-se importante avaliar se isso realmente ocorreu, comparando-se a população de pós-operatório de ruptura de tendão de Aquiles à população saudável.

O objetivo deste estudo foi avaliar a rigidez passiva de tornozelo e o desempenho muscular em indivíduos submetidos à reconstrução unilateral de tendão de Aquiles que já tenham realizado reabilitação e comparar com indivíduos sem história de lesão.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Amostra

Trata-se de um estudo observacional do tipo transversal. Foram selecionados 40 indivíduos alocados em dois grupos, o grupo operado (OP) e o não operado (NOP). O grupo operado foi constituído por 20 participantes, com história de ruptura aguda de tríceps sural há no mínimo 12 meses e tratamento cirúrgico que consistiu na sutura do tendão do tríceps sural sem transposição de qualquer outro tendão. O grupo não operado foi constituído de 20 participantes assintomáticos. As características da amostra estão descritas na (TABELA 1).

Para participar da pesquisa, os participantes não deveriam reportar lesão musculoesquelética atual em membros inferiores. Além disso, o critério de exclusão estabelecido para o estudo, para ambos os grupos, foi a apresentação de qualquer desconforto que limitasse a realização dos testes, porém nenhum participante apresentou queixa e, portanto, não houve exclusões.

A seleção da amostra do grupo de participantes com história de ruptura do tendão do músculo tríceps sural (grupo OP) foi realizada por meio de telefone e carta, a partir da lista de pacientes que realizaram tratamento nos hospitais Mater Dei, São José e Felício Rocho. Já a seleção para o grupo de participantes sem história dessa lesão (grupo NOP) foi realizada por meio de anúncios na unidade acadêmica.

Este estudo, bem como o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Mater Dei, Belo Horizonte, MG, Brasil, sob parecer CAAE 0012.0.170.000-09. Todos os participantes assinaram o TCLE antes de iniciar sua participação na pesquisa.

TABELA 1
Características da amostra de acordo com o grupo.

	Grupo Experimental (n = 20)	Grupo Controle (n = 20)	Valor p
Idade (anos)	48,7 (10,8)	47,6 (13,1)	0,77
Massa Corporal (Kg)	88,6 (15,4)	79,5 (15,1)	0,07
Altura (m)	1,73 (0,07)	1,71 (0,12)	0,68
Sexo (mulheres/homens)	3/17	8/12	0,08
Tempo PO (meses)	40	-	-

Nota: Idade, massa corporal e altura estão apresentadas em média (desvio padrão). Sexo está representado pela frequência de indivíduos em cada categoria.

2.2 Instrumentos e Procedimentos

Inicialmente, foram mensuradas a massa corporal e a altura de cada participante por meio de balança digital com altímetro (Filizola® S.A., São Paulo, Brasil). Após isso, foram realizados o teste de Posição de Primeira Resistência Detectável do Tornozelo (PPRDT)¹¹ para mensuração da rigidez passiva dessa articulação e o teste no dinamômetro isocinético Biodex System 3 Pro (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, EUA)³² para mensuração do desempenho do tríceps sural.

2.2.1 Posição de Primeira Resistência Detectável do Tornozelo (PPRDT)

Para avaliação da rigidez passiva do tornozelo foi utilizado o teste PPRDT proposto por Araújo *et al.*¹¹ (2001). O participante foi posicionado para a realização do teste em decúbito ventral, com o joelho fletido a 90° suportado por um avaliador. Com o participante nessa posição foram feitas marcações na cabeça da fíbula e no maléolo lateral e, então foi traçada uma linha, por meio de uma régua, unindo esses dois pontos. Essa linha foi utilizada posteriormente para alinhar o braço fixo do goniômetro. Em seguida, foi feita uma acomodação dos tecidos periarticulares do

tornozelo por meio de uma série de quatro repetições de alongamento dos flexores plantares. Foi pedido ao participante que não realizasse contração do membro inferior, para que não houvesse qualquer influência no tornozelo, garantindo uma posição de relaxamento através da palpação dos músculos tibial anterior, tríceps sural e isquiossurais durante a realização do teste.

Em sequência, uma caneleira de 2 kg foi colocada a 8 cm do maléolo lateral com uso de um velcro para gerar uma tensão nos flexores plantares. Esse procedimento foi realizado, pois, conforme descrito por Araújo *et al.*¹¹ (2001), o torque produzido somente pela massa do pé não foi considerado suficiente para tensionar os flexores plantares, ou seja, a posição do pé permaneceu inalterada mesmo com a ação da gravidade favorecendo a dorsiflexão.

A posição assumida pelo tornozelo logo após a colocação da caneleira foi mensurada por um goniômetro universal (CARCI®, São Paulo, Brasil). Este foi posicionado com sua haste fixa alinhada à linha que unia o maléolo lateral e a cabeça da fíbula, e sua haste móvel, paralela à superfície plantar do pé. Foram realizadas três medidas em cada tornozelo, iniciando pelo membro inferior de preferência do participante (FIG. 1). A avaliação da rigidez passiva do tornozelo foi realizada por um único examinador, que apresentou alta confiabilidade teste-reteste (Coeficiente de Correlação Intraclassa - $CCI_{3,2} = 0,87$). A avaliação da confiabilidade foi realizada em um estudo piloto com 10 voluntários avaliados com um intervalo de uma semana entre teste e reteste.

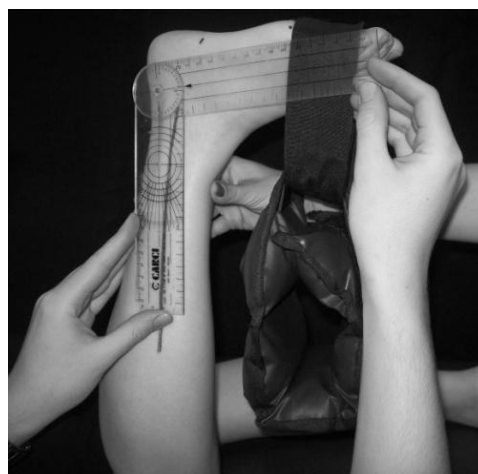


Figura 1 – Posição de primeira resistência detectável do tornozelo (PPRDT).

2.2.2 Avaliação isocinética dos flexores plantares

Antes da realização do teste, todos os voluntários realizaram um aquecimento, que consistiu em uma caminhada em velocidade rápida, durante cinco minutos. Após isso, os participantes sentaram na cadeira do dinamômetro e foram estabilizados com cintos na região do tronco, da pelve e da coxa do membro inferior a ser avaliado. O encosto da cadeira foi posicionado a 70° e a coxa do participante foi apoiada no dispositivo de apoio do equipamento, de forma que o joelho permanecesse entre 30 e 40° de flexão, amplitude garantida pelo avaliador com o uso do goniômetro. Além disso, o eixo do dinamômetro foi alinhado com o maléolo lateral e o pé foi fixado à alavanca, de forma que sua face plantar ficasse em total contato com a base acoplada a essa alavanca (FIGURA 2).

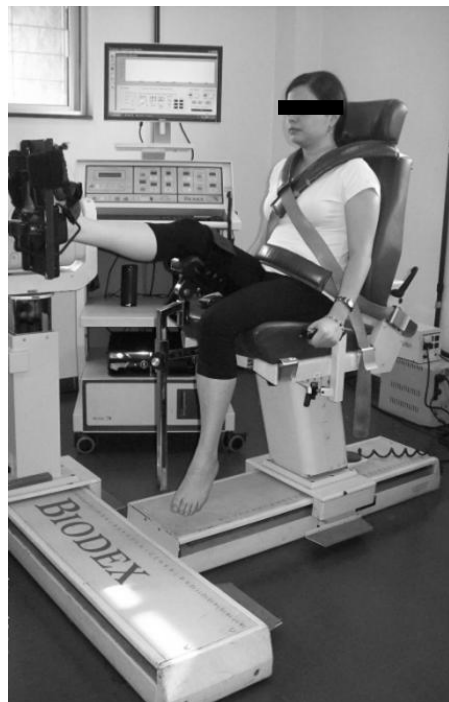


Figura 2 – Posicionamento no dinamômetro isocinético para a realização do teste.

O protocolo consistiu na avaliação concêntrica e excêntrica do tríceps sural, em uma amplitude de 10° de dorsiflexão a 20° de flexão plantar, durante cinco repetições, em velocidade de 30°/s. Inicialmente, os participantes foram submetidos a um procedimento de familiarização com esse protocolo, o qual consistia de cinco

repetições com contrações submáximas. Durante a realização do teste, os participantes foram instruídos a realizar força máxima. Incentivo verbal padronizado foi realizado pelos pesquisadores para favorecer a geração de força máxima pelo indivíduo³³.

A avaliação iniciou-se pelo membro inferior sem histórico de ruptura do tendão do tríceps sural para os participantes do grupo operado e pelo membro inferior dominante (membro inferior reportado como o preferencial para chutar uma bola) para os participantes do grupo não operado. Essa ordem foi estabelecida para garantir maior segurança ao voluntário, principalmente àquele do grupo operado, durante a realização do teste.

A confiabilidade e validade mecânica do dinamômetro isocinético utilizado já foi demonstrada na literatura³². Além disso, o teste no dinamômetro isocinético foi conduzido por somente um avaliador, com experiência no uso do equipamento. A confiabilidade teste-reteste do protocolo foi determinada em estudo piloto com 10 voluntários, avaliados em um intervalo de uma semana e apresentou valores excelentes para as variáveis de desfecho deste estudo ($CCI_{3,2} = 0,92$ a $0,94$).

2.3 Redução dos dados

Para permitir a realização das análises foi realizada uma correspondência dos membros inferiores dos participantes dos dois grupos avaliados. O membro inferior não dominante do grupo NOP foi considerado como correspondente ao membro inferior operado do grupo OP. O membro inferior dominante do grupo NOP foi considerado correspondente ao membro inferior não operado do grupo OP.

Foram analisadas no presente estudo as seguintes variáveis: 1) rigidez de tornozelo avaliada por meio da PPRDT média, determinada em graus a partir da média dos três valores obtidos para cada membro inferior; 2) assimetria absoluta de PPRDT, dada pela diferença do valor médio da rigidez absoluta entre lados, sem considerar a direção, calculada para o grupo NOP (valor médio de rigidez do membro não dominante – valor médio de rigidez do membro dominante), e, para o grupo OP (valor médio de rigidez do membro operado – valor médio de rigidez do membro não operado); 3) pico de torque concêntrico e excêntrico normalizado pelo peso corporal; 4) trabalho máximo concêntrico e excêntrico realizado em uma única repetição, também normalizado pelo peso corporal; e as assimetrias absolutas

dessas respectivas variáveis, obtidas através do cálculo da porcentagem da diferença entre lados (dado pelo software do dinamômetro isocinético), sem considerar a direção, cuja fórmula é $(\text{variável_lado não acometido ou dominante} - \text{variável_lado acometido ou não dominante}) \times 100 / \text{variável_lado não acometido ou dominante}$.

2.4 Análise Estatística

Estatística descritiva

Análise de Variância (ANOVA) mista, com um nível fatorial (grupos: operado e não operado) e um nível de medidas repetidas (membro inferior não operado/dominante e membro inferior operado/não dominante), foi utilizada para comparação da variável rigidez passiva de tornozelo. Essa análise permitiu verificar os efeitos principais grupo, membro inferior e o efeito de interação grupo $\times$ membro inferior na variável rigidez passiva de tornozelo. Realizou-se ainda um teste t independente para verificar o efeito do grupo na variável assimetria de rigidez.

Análise de Variância Multivariada (MANOVA) de medidas repetidas foi utilizada para verificar o efeito do grupo, membro inferior e o efeito de interação grupo $\times$ membro inferior nas variáveis de desempenho muscular (pico de torque concêntrico, pico de torque excêntrico, trabalho concêntrico e trabalho excêntrico dos flexores plantares do tornozelo normalizados pelo peso corporal). Além disso, realizou-se uma MANOVA fatorial para verificar o efeito do grupo nas variáveis de assimetria de desempenho muscular. Análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para identificar possíveis diferenças apontadas por ambas MANOVA. Para todas as análises apresentadas, foi considerado um nível de significância de 0,05.

3 RESULTADOS

Rigidez Passiva de Tornozelo

A ANOVA mista para a variável rigidez passiva de tornozelo demonstrou efeito significativo do membro inferior ($F = 8,129$; $p = 0,007$) e da interação membro inferior $\times$ grupo ($F = 4,937$; $p = 0,032$). Não houve efeito significativo do fator grupo ($F = 1,760$; $p = 0,193$). Em relação ao efeito principal membro inferior, a rigidez passiva foi menor no tornozelo do membro inferior operado/não dominante ($9^\circ \pm 0,9^\circ$) que no membro inferior não operado/dominante ($6,8^\circ \pm 1^\circ$). O efeito interação grupo $\times$ membro inferior, conforme ilustrado no Gráfico1, identificou que há maior diferença de rigidez entre os membros inferiores do grupo OP quando comparado à diferença de rigidez do membro inferior do grupo NOP. Especificamente, identificamos que o membro inferior operado do grupo OP apresentou rigidez significativamente menor (maior deslocamento angular do tornozelo) quando comparado ao membro inferior não dominante do NOP.



GRÁFICO 1: Interação Grupo x Membro Inferior.

O teste t independente demonstrou que a assimetria de rigidez passiva do tornozelo foi maior no grupo OP ($5,6^\circ \pm 3,6^\circ$) que no grupo NOP ($2,9^\circ \pm 2,4^\circ$) ($t = -2,689$; $p = 0,011$).

Desempenho dos flexores plantares do tornozelo

A MANOVA medidas repetidas demonstrou não haver efeito principal grupo ($F = 1,943$; $p = 0,125$), membro inferior ($F = 1,989$; $p = 0,118$) nem interação membro inferior $\times$ grupo ($F = 0,317$; $p = 0,865$). Os valores de médias e desvios-padrão das variáveis de desempenho de acordo com o membro inferior e o grupo estão demonstrados na (TABELA 2).

TABELA 2

Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis de desempenho dos flexores plantares do tornozelo.

Variável	Grupo Operado		Grupo Não Operado	
	Membro inferior operado	Membro inferior não-operado	Membro inferior não dominante	Membro inferior dominante
Pico de torque concêntrico (Nm/Kg)	179,4 $\pm$ 48,4	188,9 $\pm$ 46,1	202,9 $\pm$ 45,7	214,7 $\pm$ 48,2
Pico de torque excêntrico (Nm/Kg)	202 $\pm$ 53,8	211,8 $\pm$ 48,4	229,4 $\pm$ 46	241 $\pm$ 48,8
Trabalho concêntrico (J/Kg)	45,1 $\pm$ 16,6	47,8 $\pm$ 12	48,2 $\pm$ 14	50,3 $\pm$ 14,8
Trabalho excêntrico (J/Kg)	58 $\pm$ 19,1	60,9 $\pm$ 13,9	60,2 $\pm$ 15,9	62,8 $\pm$ 16,5

Em relação às variáveis de assimetria relativas ao desempenho muscular, a MANOVA demonstrou diferença significativa entre grupos ($F = 4,258$; $p = 0,007$). As ANOVA subsequentes indicaram que o grupo OP foi significativamente mais assimétrico que o grupo NOP nas variáveis de assimetria de trabalho concêntrico ($F = 7,01$; $p = 0,012$) e assimetria de trabalho excêntrico ($F = 7,022$; $p = 0,012$). Foi observado um efeito marginal na variável assimetria de pico de torque concêntrico ($F = 3,478$; $p = 0,070$). Os valores de médias e desvios-padrão das variáveis de assimetria absoluta relativas ao desempenho muscular estão demonstrados na (TABELA 3).

TABELA 3

Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis de assimetria absoluta relativas ao desempenho muscular.

Variável	OP	NOP
Assimetria de pico de Torque Concêntrico (%)	12,9 ± 9,7	8,1 ± 5,8
Assimetria de pico de Torque Excêntrico (%)	12 ± 9,3	8,6 ± 5,6
Assimetria de Trabalho Máximo Concêntrico (%)	17,3 ± 11,8	9 ± 8
Assimetria de Trabalho Máximo Excêntrico (%)	15,9 ± 9,1	9 ± 7

NOP: grupo não operado; OP: grupo operado.

4 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo comparar a rigidez passiva de tornozelo e o desempenho dos flexores plantares de indivíduos submetidos à reconstrução unilateral de tendão de Aquiles seguida de reabilitação com indivíduos sem história dessa lesão. A partir dos resultados foi identificada menor rigidez no lado operado/não dominante quando comparado ao membro inferior não operado/dominante e maior diferença de rigidez entre os membros do grupo OP. Além disso, foi observada maior assimetria da capacidade de geração de trabalho dos flexores plantares no grupo OP em relação ao grupo NOP.

A rigidez passiva do tornozelo pode estar aumentada logo após a cirurgia de reconstrução de tendão de Aquiles seguida de imobilização devido às alterações na composição dos tecidos conectivo e muscular⁹. Porém, após o período de pós-operatório e reabilitação, é esperado que os valores de rigidez e desempenho muscular voltem aos níveis pré-ruptura. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo não suportam essa hipótese.

A rigidez passiva de tornozelo foi inferior no membro inferior operado (grupo OP) e no membro inferior não dominante (grupo NOP) quando comparado ao membro contralateral. O efeito de interação demonstrou que o efeito membro inferior foi dependente do efeito grupo, ou seja, enquanto os valores de rigidez entre membros inferiores do grupo NOP mostraram-se semelhantes, os valores encontrados para o grupo OP apresentaram grande diferença, especialmente o membro inferior operado apresentou rigidez menor que o membro inferior não dominante do grupo NOP. Esse resultado foi reforçado pela presença de uma assimetria significativamente maior da variável rigidez no grupo OP quando comparado ao grupo NOP. Esses resultados indicam que embora os indivíduos do grupo OP tenha sido submetidos a reabilitação, isso não foi suficiente para que os valores de rigidez em ambos os membros inferiores fossem similares. Essa menor rigidez, indica uma menor capacidade dos tecidos conectivos de resistir ao deslocamento da articulação quando uma força externa é aplicada. A menor rigidez do lado operado poderia ser explicada por uma possível maior frouxidão dos tecidos periarticulares desse membro. Essa maior frouxidão poderia ocorrer caso o foco da reabilitação tenha sido no ganho de mobilidade de tornozelo. Outro fator que

influencia a rigidez de uma articulação é o trofismo e capacidade de geração de força do tecido contrátil¹⁴. Nesse sentido seria esperado que o desempenho muscular fosse inferior nesses indivíduos. Essa hipótese explicativa foi parcialmente confirmada pelo presente estudo.

As variáveis de desempenho muscular, que representam a capacidade do tecido de gerar força, não apresentaram diferença entre membros inferiores, grupos ou interação membro inferior e grupo. Entretanto, foi observada assimetria significativa entre grupos, demonstrando que o grupo OP foi mais assimétrico que o grupo NOP nas variáveis de trabalho concêntrico e trabalho excêntrico. A direção dessa assimetria foi que o membro operado apresentou menor capacidade de geração de trabalho tanto concêntrico quanto excêntrico quando comparado ao membro não operado. Além disso, foi observado efeito marginal na assimetria de pico de torque concêntrico ($p = 0,07$), que pode ser explicado por um tamanho de amostra insuficiente para se demonstrar o efeito. O resultado observado na variável trabalho é de extrema relevância, pois embora não tenha sido observado diferença no pico de torque, o lado operado desses indivíduos tem menor capacidade de gerar torque ao longo de toda a amplitude de movimento. Assimetrias das variáveis de desempenho muscular podem surgir devido à diferença de descarga de peso e/ou padrão de uso dos membros inferiores nas atividades funcionais do indivíduo³⁴. Isso pode acontecer devido ao receio do indivíduo de descarregar peso no membro operado ou de utilizá-lo durante tarefas habituais³⁴. Assim, o indivíduo tende a sobrecarregar o membro inferior não lesado, poupando o contralateral lesado, e levando a uma possível desigualdade de carga entre os lados³⁴. Outro fator que poderia explicar essa assimetria é caso o desempenho muscular não tenha sido foco do processo de reabilitação.

Como os tecidos musculares e conectivos estão intimamente relacionados e a rigidez é influenciada por esses dois componentes^{11,14,15}, quaisquer alterações nesses tecidos podem levar a alteração da rigidez passiva. Assim, a presença de assimetria na capacidade de geração de trabalho observada nesse estudo também pode explicar a menor rigidez no lado operado do grupo OP. A presença de assimetrias em parâmetros como desempenho muscular tem sido apontada como um fator que predispõe a ocorrência de lesões^{17,23}. A resistência diminuída às forças impostas durante atividades funcionais pode alterar a absorção de energia pelos tecidos conectivos periarticulares, levando à sobrecarga nessas

estruturas e predispondo a maiores riscos de lesão¹¹. Nesse sentido, é importante que a reabilitação ou um programa de atividade física consiga corrigir essas assimetrias. Esse estudo não analisou como os indivíduos do grupo OP realizaram a reabilitação e, embora esse fato não seja uma real limitação do estudo, seria interessante ter conhecimento desse processo para melhor compreensão dos dados. Observando os resultados obtidos nesse estudo, foi possível verificar que, apesar dos indivíduos terem sido submetidos a reabilitação, os níveis de adequado rigidez passiva e trabalho muscular não são similares entre membros inferiores. A simetria entre membros é um fator importante a ser considerado para o retorno seguro às atividades funcionais. O exercício físico, por meio da reabilitação fisioterápica, pode contribuir para o ganho funcional do indivíduo, restabelecendo a função muscular e melhorando as condições dos tecidos periarticulares, reduzindo a incidência de rerruptura ou novas lesões, tanto no membro operado quanto no não operado³⁴. A importância desse estudo está no fato de que sabendo as alterações de rigidez passiva da articulação do tornozelo e de capacidade de gerar trabalho nesses indivíduos, é possível para o fisioterapeuta desenvolver um tratamento para diminuir o impacto da redução desses parâmetros no risco de desenvolvimento de rerrupturas do tendão de Aquiles e de outras lesões e na funcionalidade do indivíduo.

5 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que indivíduos submetidos à cirurgia de reconstrução do tendão de Aquiles, mesmo após a reabilitação, apresentaram assimetrias sendo o lado operado menos rígido e com menor capacidade de realização de trabalho muscular. Isso poderia contribuir com um maior risco de rerrupturas e de desenvolvimento de outras lesões musculoesqueléticas tanto no membro inferior com história de lesão quanto no membro inferior contralateral.

REFERÊNCIAS

- 1 GOEL, D.P. *et al.* Safety and hospital costs of Achilles tendon surgery: the serendipitous impact of a randomized clinical trial. **Canadian Journal of Surgery**, v. 52, n. 6, December 2009.

- 2 KEARNEY, R.S. *et al.* A systematic review of early rehabilitation methods following a rupture of the Achilles tendon. **Physiotherapy**, v. 98, n.1, p. 24 – 32, 2012.

- 3 MAFFULLI, N.; SHARMA, P.; LUSCOMBE, K.L. Achilles tendinopathy: aetiology and management. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 97, October 2004.

- 4 NAIM, F. *et al.* Evaluation of the surgical results of Achilles tendon ruptures by gait analysis and isokinetic muscle strength measurements. **Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica**, Istambul, v.39, n.1, p.1-6, 2005.

- 5 PEDOWITZ, D.; KIRWAN, G. Achilles tendon ruptures. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, v. 6, n. 4, p. 285-293, December 2013.

- 6 KEATING, J.F.; WILL, E.M. Operative versus non-operative treatment of acute rupture of tendo Achillis. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 93-B, n. 8, August 2011.

- 7 KANGAS, J. *et al.* Early Functional Treatment versus Early Immobilization in Tension of the Musculotendinous Unit after Achilles Rupture Repair: A Prospective, Randomized, Clinical Study. **The Journal of Trauma, Injury, Infection, and Critical Care**, v. 54, n. 6, p. 1171-80, June 2003.

- 8 AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS. American Academy of Orthopaedic Surgeons: Clinical practice guideline on the diagnosis and treatment of acute achilles tendon rupture. **Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons**.n.4, p.219, December 2009.

- 9 AQUINO, C. F; VIANA, S. O; FONSECA, S. T. Comportamento biomecânico e resposta dos tecidos biológicos ao estresse e à imobilização. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v.18, n.2, p. 35-43, abr./jun., 2005.

10 WATERSTON, S. W; MAFFULLI, N.; EWEN, S.W.B. Subcutaneous rupture of the Achilles tendon: basic science and some aspects of clinical practice. **British Journal of Sports Medicine**,; n. 3, p. 285-298, 1997.

11 ARAÚJO, V.L. Validade e confiabilidade de medidas clínicas para avaliação da rigidez passiva da articulação do tornozelo. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.15, n.2, p. 166-73, mar./abr. 2011.

12 DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 653p.

13 BUTLER R.J.; CROWELL H.P.; DAVIS I.M. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. **Clinical Biomechanics**, v. 18, p. 511-517, 2003.

14 LEITE, D.X. *et al.* Relação entre rigidez articular passiva e torque concêntrico dos rotadores laterais do quadril. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 16, n. 5, p. 414-21, set./out. 2012.

15 FONSECA, S.T.; OCARINO, J. M.; SILVA, P. L. P. Ajuste da rigidez muscular via sistema fuso-muscular-gama: implicações para o controle da estabilidade articular. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.8, n.3, p. 187-195, 2004.

16 AMIEL, D. *et al.* The effect of immobilization on collagen turnover in connective tissue: a biochemical-biomechanical correlation. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v.53, p. 325-332, 1982.

17 FONSECA, S. T. *et al.* Caracterização da performance muscular em atletas profissionais de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.13, n.3, p. 143-147, maio/jun. 2007.

18 CARMONT, M. R.; MAFFULLI, N. Less invasive Achilles tendon reconstruction. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.8, p. 100, out. 2007.

19 HORSTMANN, T. *et al.* Deficits 10- Years after Achilles Tendon Repair. **International Journal of Sports Medicine**, n. 33, p. 474–479, 2012.

20 YOUNG, J. S.; KUMTA, S. M.; MAFFULLI, N. Achilles tendon rupture and tendinopathy: management of complications. **Foot Ankle Clinics**, v.10, n.2, p.371-82, jun. 2005.

21 METZ, R. *et al.*. Acute Achilles Tendon Rupture Minimally Invasive Surgery Versus Nonoperative Treatment With Immediate Full Weightbearing - A Randomized Controlled Trial. **The American Journal of Sports Medicine**, v.36, n.9, 2008.

22 Brumann, M. *et al.* Accelerated rehabilitation following Achilles tendon repair after acute rupture – Development of an evidence-based treatment protocol. **Injury** (2014), Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2014.06.022>. Acesso em: 13 out.2014.

23 DANESHJOO, A. *et al.* Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. **Journal of Human Kinetics**, v.36, p. 45-53, mar. 2013.

24 MENZEL, H.J. *et al.* Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.27, n.5, p. 1370-7, Maio 2013.

25 CLERKE, A.; CLERKE, J. A literature review of the effect of handedness on isometric grip strength differences of the left and right hands. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 55, n.2, p. 206-11, mar./abr. 2001.

26 CHEUNG, R. T.; SMITH, A. W.; WONG, P. H:q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. **Journal of Human Kinetics**, v.33, p. 63-71, jun. 2012.

27 SCHILTZ, M. *et al.* Explosive strength imbalances in professional basketball players. **Journal of Athletic Training**, v.44, n.1, p. 39-47, jan./fev. 2009.

28 PATERNO M.V. *et al.* Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. **Clinical Journal of Sport Medicine**, Volume 17, Number 4, July 2007.

29 BRESSEL, E.; MCNAIR, P. J. Biomechanical behavior of the plantar flexor muscle-tendon unit after an Achilles tendon rupture. **The American Journal of Sports Medicine**, v.29, n.3, p. 321-6, maio/jun. 2001.

30 MULLANEY, M.J. *et al.* Weakness in end-range plantar flexion after Achilles tendon repair. **The American Journal of Sports Medicine**, v.34, n.7, p. 1120-5, jul. 2006.

- 31 HORSTMANN, T. *et al.* Isokinetic strength and strength endurance of the lower limb musculature ten years after Achilles tendon repair. **Isokinetics and Exercise Science**, v.8, n.3, jan. 2000.
- 32 DROUIN, J.M. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. **European Journal of Applied Physiology**, n. 91, p.22-29, 2004.
- 33 MCNAIR, P.J. Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. **British Journal of Sports Medicine**, n. 30, p. 243-245, 1996.
- 34 DON, R. *et al.* Relationship between recovery of calf-muscle biomechanical properties and gait pattern following surgery for Achilles tendon rupture. **Clinical Biomechanics**, n. 22, p. 211–220, 2007.