



CAROLINA LINS HENRIQUE ALVES

**ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DA ARTICULAÇÃO DO PÉ E
TORNOZELO APÓS RECONSTRUÇÃO DO TENDÃO DO
CALCÂNEO COM ENXERTO LIVRE DO TENDÃO DO MÚSCULO
SEMITENDÍNEO.**

**CAMPINAS
2012**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Ciências Médicas

CAROLINA LINS HENRIQUE ALVES

**ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DA ARTICULAÇÃO DO PÉ E
TORNOZELO APÓS RECONSTRUÇÃO DO TENDÃO DO CALCÂNEO COM
ENXERTO LIVRE DO TENDÃO DO MÚSCULO SEMITENDÍNEO**

Orientador: Prof Dr. Alberto Cliquet Junior

Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-
Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de
Ciências Médicas da Universidade Estadual de
Campinas - UNICAMP para obtenção de título de
Mestra em Ciências.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA CAROLINA LINS
HENRIQUE ALVES E ORIENTADA PELO
PROF. DR. ALBERTO CLIQUET JUNIOR

Assinatura do orientador

CAMPINAS

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
MARISTELLA SOARES DOS SANTOS – CRB8/8402
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
UNICAMP

AL87a Alves, Carolina Lins Henrique, 1979-
Análise cinética e cinemática da articulação do pé e tornozelo após reconstrução do tendão do calcâneo com enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo / Carolina Lins Henrique Alves. – Campinas, SP : [s.n.], 2012.

Orientador : Alberto Cliquet Junior.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Marcha. 2. Biomecânica. 3. Transferência de tendão. I. Cliquet Junior, Alberto, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Kinetic and kinematic evaluation of the foot and ankle joint after Achilles tendon reconstruction with free semitendinosus tendon graft.

Palavras-chave em inglês:

Gait

Biomechanics

Tendon transfer

Área de concentração: Fisiopatologia Cirúrgica

Titulação: Mestra em Ciências

Banca examinadora:

Alberto Cliquet Junior [Orientador]

Maurício Etchebehere

José Batista Volpon

Data da defesa: 21-11-2012

Programa de Pós-Graduação: Ciências da Cirurgia

Banca Examinadora da Defesa de Mestrado

Carolina Lins Henrique Alves

Orientador: Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior

Membros:

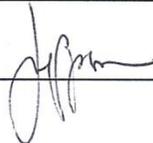
1. Prof(a). Dr(a). Alberto Cliquet Junior -



2. Prof(a). Dr(a). Mauricio Etchebehere -



3. Prof(a). Dr(a). José Batista Volpon -



Curso de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da
Universidade Estadual de Campinas.

Data: 21/11/2012

DEDICATÓRIA

Aos meus amados e exemplares pais, **Maria Lúcia e Eduardo**, por toda dedicação, amor, cuidado e incentivo à minha formação. Vocês são os meus maiores tesouros, absolutamente TUDO na minha vida.

Aos meus irmãos **Eduardo e Cristiano**, companheiros e testemunhas de uma vida maravilhosa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, luz e força para que eu nunca desista daquilo que acredito.

A intercessão de Nossa Senhora e, Santa Cândida Maria de Jesus, que através de seu exemplo de fé e vida me inspirou com sua frase dizendo: "O mundo é pequeno para os meus desejos".

As irmãs da Congregação Filhas de Jesus, que pelo Instituto Educacional Imaculada permitiram o início desta caminhada através de uma formação pedagógica e evangelizadora.

A minha sobrinha Marina, que me fez sentir o Amor de uma forma jamais experimentada, iluminando, alegrando e completando a minha vida.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior por ter me aceitado como sua aluna e desempenhado, tão perfeitamente, seu papel de mestre.

Ao Prof. Dr. Maurício Etchebehere por acreditar e me apoiar nos momentos que mais precisei e que, junto com o Prof. Dr. João Batista de Miranda, ao qual também agradeço, realizaram criteriosa avaliação do meu trabalho como banca de qualificação.

Ao Grupo do Pé e Tornozelo do Hospital das Clínicas da UNICAMP, em especial ao Dr. André Ninomyia e Dr. Antônio Egydio de Carvalho Junior, que me acolheram com tanto carinho desde 2007 e foram fundamentais para a realização deste trabalho.

A todos os fisioterapeutas do Laboratório de Reabilitação do Aparelho Locomotor do Hospital das Clínicas da UNICAMP, em especial, agradeço as amigas Eliza Azevedo e Karina Alonso pela disponibilidade, pelo enorme e incansável auxílio na realização deste trabalho. Sem elas nada seria possível.

Ao Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FCM – UNICAMP.

Aos 13 pacientes participantes deste trabalho, que se propuseram a me ajudar na realização desse sonho.

Aos funcionários da Unidade de Prótese e Órtese do Hospital das Clínicas da UNICAMP, em especial, à fisioterapeuta e amiga Simone Turatto Romero, pela colaboração na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Vasconcelos que, pela confiança no meu trabalho, me proporcionou a maior oportunidade da minha vida profissional. Para mim ele é exemplo de ética, profissionalismo, garra e humildade. Com ele aprendi a estudar e amar ainda mais a fisioterapia. À Carolina Chaib Moussalli Vasconcelos, sua esposa, pelo zelo e carinho incansáveis para comigo.

A equipe de Fisioterapia do Instituto Wilson Mello pela garra, competência e profissionalismo, por entender meus momentos ausentes e por estarem ao meu lado no dia-a-dia. Agradeço, especialmente, aos fisioterapeutas e verdadeiros amigos Juliano Xidieh, Rodrigo Esmeriz, Bruna Pilz e Rafael Tambascia pelo apoio, companheirismo e carinho quando mais precisei no momento da conclusão deste trabalho.

As minhas queridas secretárias Kahena Bertoni, Magda Masson e Juliane Santos que, brilhantemente me ajudam administrar quatorze horas diárias de jornada de trabalho.

A amiga Renata Ciol, bibliotecária do Núcleo de Estudos do Instituto Wilson Mello, pela sua prontidão, paciência, competência, amizade e cumplicidade. Seu trabalho e suas palavras foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

A amiga Juliana Nalin de Souza Passarini. Sempre presente, mesmo distante.

A amiga Andrea Cristina de Lima com quem aprendi a simplicidade de uma verdadeira amizade.

RESUMO

As rupturas crônicas do tendão do calcâneo são desafios cirúrgicos e apresentam consequências na marcha. O propósito deste estudo foi avaliar parâmetros cinéticos e cinemáticos da articulação do tornozelo em treze pacientes diagnosticados com rupturas de tendão do calcâneo e tratados cirurgicamente através da técnica de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo. Os dados foram colhidos seis meses (6M) e doze meses (12M) após o procedimento através de plataforma de força enquanto os movimentos eram gravados por seis câmeras infravermelhas. Dois grupos foram submetidos à análise da marcha: grupo Paciente (subgrupos: pé Normal 6M, pé Normal 12M, pé Operado 6M e pé Operado 12M) e grupo Controle. As variáveis cinemáticas analisadas incluíram velocidade, cadência, comprimento do passo, porcentagem de fase de apoio e amplitude de movimento do tornozelo nos planos frontal e sagital. Os dados cinéticos foram obtidos pelo momento articular em diferentes fases do ciclo da marcha. No questionário de função AOFAS aplicado ao grupo Paciente observou-se aumento significativo de 68,5 pontos para 85,2 pontos ($p=0,0215$) na escala de 0 a 100 pontos, entre as coletas de seis e doze meses. Velocidade, cadência e comprimento do passo do grupo Paciente foram menores que o grupo Controle. A porcentagem da fase de apoio foi maior no subgrupo pé Normal 6M quando comparado ao grupo Controle. Nos dados cinemáticos a amplitude de movimento do tornozelo na fase de apoio aumentou entre os subgrupos pé Operado 6M e pé Operado 12M ($p=0,0255$) demonstrando efeito de tempo. Durante a fase de balanço a amplitude de movimento do tornozelo foi menor nos subgrupos pé Operado 6M/12M quando comparados aos subgrupos pé Normal 6M/12M demonstrando efeito de lado ($p=0,0255$). Os subgrupos pé Operado 6M e pé Operado 12M demonstraram diferença significativa quando comparado com grupo Controle ($p=0,0240$ e $p=0,0414$ respectivamente). A amplitude de movimento de inversão e eversão também apresentou efeito de tempo entre os mesmos grupos ($p=0,0059$) citados anteriormente. Os dados cinéticos não apresentaram diferença significativa. O presente estudo mostrou grande proximidade entre o grupo Paciente e o grupo Controle, além da melhora entre os subgrupos pé Operado 6M e pé Operado 12M.

ABSTRACT

Chronic rupture of the Achilles tendon is a surgical challenge and has consequences in gait. The purpose of this study was to evaluate the kinetic and kinematic parameters of the ankle joint in 13 patients diagnosed with Achilles tendon rupture and operated using a free semitendinosus tendon graft. The data were collected six (6M) and twelve (12M) months after surgery in a force platform while the movements were recorded by six infrared cameras. Two groups were analyzed: group Patient (organized in 4 subgroups: Normal foot 6M, Normal foot 12M, Operated foot 6M, Operated foot 12M) and group Control. The kinematic variables analysed included speed, cadence, step length, percentage of stance phase and range of movement (ROM) of the ankle joint in sagittal and frontal plane. Kinetic data were obtained by joint moment in different phases of gait cycle. In the functional questionnaire AOFAS applied to the group Patient it was observed a significant increase from 68,5 ($\pm 18,7$) to 85,2 ($\pm 18,0$) ($p=0,0215$) in a scale ranging from 0 to 100 within six and twelve months. Speed, cadence and step length of the group Patient were lower than Control group. The percentage in stance phase was higher for subgroup Normal foot 6M compared to the Control group. For kinematic data, the range of movement of the ankle in stance phase increased between Operated foot 6M and Operated foot 12M, showing an effect of time. During swing phase, the ankle ROM was lower in subgroups Operated foot 6M/12M when compared to subgroups Normal foot 6M/12M, showing effect of side ($p=0,0255$). The subgroups Operated foot 6M and Operated foot 12M demonstrated statistical difference when compared to Control group ($p=0,0240$ and $p=0,0414$, respectively). ROM of inversion and eversion presented effect of time among the same subgroups ($p=0,0059$) cited before. There were no statistic differences on kinetic data between groups. This study showed close proximity between group Patient and Control group and better results between subgroups Operated foot 6M and Operated foot 12M.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1:Subdivisões do pé: antepé, mediopé e retropé | 27 |
| Figura 2:Ossos do pé | 27 |
| Figura 3:Tibial anterior..... | 28 |
| Figura 4:Extensor longo do hálux (A) e extensor longo dos dedos (B) | 29 |
| Figura 5:Tibial posterior | 30 |
| Figura 6:Fibular longo (A), fibular curto (B) e fibular terceiro (C) | 30 |
| Figura 7:Gastrocnêmios (A), sóleo (B) e plantar (C)..... | 32 |
| Figura 8:Divisões da fase de apoio..... | 35 |
| Figura 9:Divisões da fase de balanço..... | 36 |
| Figura 10: Passo X Passada..... | 37 |
| Figura 11: Técnica cirúrgica de Mandelbaum..... | 39 |
| Figura 12: Técnica cirúrgica de Lindholm..... | 40 |
| Figura 13: Técnica cirúrgica com transferência muscular..... | 41 |
| Figura 14: Técnica cirúrgica com enxerto livre do tendão do semitendíneo..... | 42 |
| Figura 15: Posicionamento dos marcadores..... | 53 |
| Figura 16: Instrumentos utilizados durante a calibração..... | 54 |
| Figura 17: Esquema representativo da estrutura de referência definida para calibração das coordenadas do sistema..... | 55 |
| Figura 18: Sequência de movimentos realizados através do corpo de prova durante captura da calibração no volume selecionado..... | 55 |
| Figura 19: Câmeras de infravermelho..... | 56 |
| Figura 20: Plataforma de força..... | 57 |
| Figura 21: Velocidade..... | 65 |
| Figura 22: Cadência..... | 65 |
| Figura 23: Comprimento do passo..... | 66 |
| Figura 24: Porcentagem da fase de apoio..... | 67 |
| Figura 25: Amplitude de movimento do tornozelo na fase de apoio..... | 71 |
| Figura 26: Efeito de tempo entre os subgrupos da amplitude de movimento do tornozelo na fase de apoio..... | 71 |

| | |
|---|----|
| Figura 27: Amplitude de movimento do tornozelo na fase de balanço..... | 72 |
| Figura 28: Efeito de lado da amplitude de movimento do tornozelo na fase de balanço..... | 72 |
| Figura 29: Efeito de tempo da amplitude de movimento do tornozelo em inversão e eversão do tornozelo..... | 73 |
| Figura 30: Questionário de função AOFAS aplicado ao grupo Paciente..... | 75 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Representação do volume de calibração das câmeras..... | 56 |
| Tabela 2 - Medidas antropométricas do grupo Paciente..... | 61 |
| Tabela 3 - Medidas antropométricas do grupo Controle..... | 62 |
| Tabela 4 – Caracterização dos grupos..... | 62 |
| Tabela 5 – Variáveis espaço-temporais: velocidade, cadência, comprimento do passo e porcentagem da fase de apoio. Comparação dos quatro subgrupos com o grupo Controle.. | 64 |
| Tabela 6 – Dados cinemáticos do tornozelo: amplitude de movimento no contato inicial, fase de apoio, fase de balanço, inversão e eversão: comparação dos quatro subgrupos com grupo Controle0..... | 69 |
| Tabela 7– Dados cinemáticos do tornozelo: amplitude de movimento no contato inicial, fase de apoio, fase de balanço, inversão e eversão: comparação entre os subgrupos do grupo Paciente..... | 70 |
| Tabela 8 – Dados cinéticos do tornozelo: momento no choque do calcâneo, flexor plantar máximo, pré-balanço e porcentagem do momento flexor plantar máximo..... | 74 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Função excêntrica do tendão do calcâneo durante o ciclo da marcha..... | 33 |
|---|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|---|
| % | Porcentagem |
| ADM | Amplitude de movimento |
| AOFAS | <i>American Orthopedic Foot and Ankle Society</i> |
| FLH | Flexor longo do hálux |
| RNM | Ressonância nuclear magnética |
| ATRS | <i>Achilles tendon rupture score</i> |
| ROM | <i>Range of movement</i> |
| OFM | <i>Oxford foot model</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 18 |
| 2. OBJETIVOS..... | 23 |
| 2.1. Objetivo geral | 24 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 24 |
| 3. REVISÃO DA LITERATURA..... | 25 |
| 3.1. Anatomia do pé e tornozelo..... | 26 |
| 3.2. Marcha normal..... | 33 |
| 3.2.1. Ciclo da marcha..... | 33 |
| 3.2.1.1. Subfases da marcha..... | 34 |
| 3.2.2. Cinemática..... | 37 |
| 3.2.3. Cinética..... | 37 |
| 3.3. Técnicas cirúrgicas de reconstrução de rupturas do tendão do calcâneo..... | 38 |
| 3.3.1. Técnica cirúrgica de reparo aberto coto-a-coto..... | 38 |
| 3.3.2. Técnica cirúrgica de Mandelbaum..... | 39 |
| 3.3.3. Técnica cirúrgica de Lynn..... | 39 |
| 3.3.4. Técnica cirúrgica de Lindholm..... | 40 |
| 3.3.5. Técnica cirúrgica de transferência muscular..... | 40 |
| 3.3.6. Técnica cirúrgica com enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo..... | 42 |
| 3.4. Estudos biomecânicos após cirurgias de reconstrução do tendão do calcâneo..... | 43 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 47 |
| 4.1. Amostra..... | 48 |

| | |
|--|-----|
| 4.2. Avaliação da marcha | 52 |
| 4.2.1. Posicionamento dos marcadores..... | 52 |
| 4.2.2. Calibração | 53 |
| 4.2.3. Captura dos dados..... | 56 |
| 4.2.4. Aquisição e interpretação dos dados | 58 |
| 4.3. Análise estatística | 59 |
| 5. RESULTADOS | 60 |
| 5.1. Caracterização dos grupos | 61 |
| 5.2. Parâmetros espaço-temporais | 63 |
| 5.3. Parâmetros cinemáticos | 67 |
| 5.4. Parâmetros cinéticos | 73 |
| 5.5. Questionário de função AOFAS..... | 74 |
| 6. DISCUSSÃO | 76 |
| 7. CONCLUSÃO..... | 83 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 85 |
| ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE FUNÇÃO AOFAS | 94 |
| ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 95 |
| ANEXO 3 - PROTOCOLO DE REABILITAÇÃO..... | 97 |
| ANEXO 4 - CARTA DE ACEITE DO ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA <i>ARTIFICIAL ORGANS</i> | 101 |

1. INTRODUÇÃO

O tendão do calcâneo é formado pelos tendões dos músculos gastrocnêmios e sóleo. Possui dois tipos de fibra muscular: fibras do tipo I de contração lenta, oriundas do músculo sóleo e fibras do tipo II B de contração rápida, oriundas dos gastrocnêmios medial e lateral (37). Em 2,9% a 5,5% da população é encontrada a terceira cabeça do gastrocnêmio comumente associada à porção medial, chamada de plantar (37). Embora seja considerado o mais forte e resistente tendão do corpo humano sua ruptura é a mais comum dentre os tendões e aproximadamente 20% dos casos de ruptura completa são diagnosticados ou operados tardiamente (11). Algumas demandas funcionais são aplicadas ao tendão do calcâneo que o torna vulnerável a lesões. A posição de pé é uma delas, pois o tendão se posiciona tangencialmente ao pé gerando grande torque além da transmissão de força de metade do peso corporal sobre o tendão (37). Outro fator importante é a composição de suas fibras citada anteriormente responsável pela manutenção da postura ortostática bem como vigorosa propulsão durante a marcha e corrida na qual a força gerada é aproximadamente sete vezes o peso corporal (37). A espiralização dessas fibras durante o desenvolvimento embrionário age diretamente na articulação subtalar uma vez que as fibras do músculo gastrocnêmio se inserem na porção lateral do calcâneo e as fibras do músculo sóleo na porção medial (37). Através disso o movimento de supinação do pé recebe o auxílio do tendão do calcâneo. Com complexa ação rotatória gerando mudanças súbitas na posição do eixo do tornozelo em relação ao tendão do calcâneo durante movimentos de dorsiflexão, flexão plantar e supinação a suscetibilidade a lesões aumenta (37). Histologicamente, é encontrado maior número de fibras do tipo I de colágeno (aproximadamente 90%) em tendões saudáveis, enquanto em tendões doentes ou rotos

observa-se grande produção de fibras do tipo III de colágeno. A presença dessas fibras diminui a resistência do tendão em situações de tensão (37).

A vascularização do tendão do calcâneo é proveniente do paratendão através da artéria tibial posterior. A porção proximal recebe suprimento adicional dos corpos musculares e a porção distal através do plexo arterial periosteal do osso calcâneo. A porção média, 2 a 6 cm acima do calcâneo, é a mais hipovascularizada sendo assim a região mais vulnerável do tendão (37). A inervação do tendão do calcâneo é feita pelo nervo sural com pequena contribuição do nervo tibial. São encontrados quatro tipos de receptores locais: corpúsculo de Ruffini Tipo I, corpúsculo de Vater Paccinian Tipo II, mecanorreceptores de Golgi Tipo III e terminações nervosas livres Tipo IV (37).

As rupturas do tendão do calcâneo são classificadas como crônicas quando descobertas quatro semanas após o trauma (19). Os indivíduos do sexo masculino, na terceira e quarta décadas, praticantes de esportes recreativos e o membro inferior esquerdo são os mais acometidos (8). O mecanismo do trauma é decorrente de flexão plantar repentina e forçada, dorsiflexão inesperada do pé ou ambos os movimentos praticados violentamente (8). Existem duas formas de tratamento para esses casos: conservadora e cirúrgica. A escolha entre elas dependerá de fatores como estado geral do paciente, tabagismo, alcoolismo, doenças metabólicas prévias, entre outros.

O tratamento cirúrgico é a primeira opção para muitos ortopedistas, uma vez que o paciente, geralmente, é adulto jovem praticante de atividade esportiva (7). Existem várias técnicas de reconstrução do tendão do calcâneo que, de maneira geral, tem relação com o tamanho da falha encontrada pelo cirurgião (7). Uma delas é a transferência ou

solidarização de tendões locais como flexor longo do hálux e fibular curto (33). O avanço da fásia plantar pode ser utilizado isoladamente ou em conjunto com as técnicas descritas anteriormente. (33). Revisão sistemática mostra que pacientes operados por estas técnicas apresentam diminuição de força muscular entre 20% e 30%, além de alterações biomecânicas leves decorrentes da utilização de tendões do mesmo pé lesionado (33).

O uso de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo ipsilateral na reconstrução do tendão do calcâneo tem sido considerado grande reforço muscular, principalmente em falhas acima de cinco centímetros (7). Juntamente com a aplicação da nova técnica os pacientes são submetidos a programas de reabilitação imediatos (7), porém ainda não se tem dados na literatura sobre índices de re-rupturas ou implicações biomecânicas no membro operado.

As mensurações biomecânicas comentadas acima podem ser realizadas através de análises cinéticas e cinemáticas nas quais padrões cinemáticos encontrados em diferentes fases do ciclo da marcha permitem descrever diferenças entre grupos estudados nas amplitudes de movimento articulares ou no posicionamento das mesmas articulações. Variáveis chamadas de parâmetros espaço-temporais incluem velocidade da marcha, cadência, comprimento do passo, porcentagem da fase de apoio e balanço definem a posição relativa dos pés durante a passada. Infelizmente poucos estudos foram realizados para avaliar essas variáveis em pacientes operados após rupturas do tendão do calcâneo.

Avaliação minuciosa da recuperação da função motora requer não somente avaliação clínica e biomecânica, mas também análises quantitativas de tarefas cotidianas. Considerando estes fatores, faz-se necessária uma avaliação cinética e cinemática da

marcha de pacientes que sofreram rupturas de tendão do calcâneo, operados através da técnica de enxerto livre do músculo semitendíneo. A partir desta análise será possível compreender melhor o impacto da técnica cirúrgica na marcha e biomecânica da articulação do tornozelo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a marcha de pacientes submetidos à técnica cirúrgica de reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo.

2.2 Objetivos Específicos

Comparar a marcha do membro operado com membro não operado e com a marcha de indivíduos normais.

Mensurar o desempenho do tornozelo durante a marcha entre seis meses e um ano de pós-operatório.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Anatomia do pé e tornozelo

O termo tornozelo se refere à articulação talocrural formada pelas extremidades distais da tíbia e fíbula com a face lateral do tálus, mas também inclui duas articulações relacionadas que são a tibiofibular formada pelas extremidades distais da tíbia e fíbula, e a sindesmo tibiofibular na qual os ossos tíbia e fíbula são unidos por uma camada de tecido fibroso. O termo pé se refere a todas as estruturas distais à tíbia e fíbula. O osso tálus faz parte deste complexo entre pé e tornozelo exercendo papel essencial na cinesiologia local e em todo o membro inferior (17). Sua face superior é convexa ântero-posteriormente e ligeiramente côncava médio-lateralmente. A proeminente cabeça do tálus se projeta para frente e levemente medial em direção ao osso navicular (17).

O pé é subdividido em três partes: antepé, mediopé e retropé, como mostra a figura 1. O antepé é formado pelos ossos metatarsais e falanges, bem como as articulações distais às articulações tarsometatarsais. O mediopé é composto pelos ossos do tarso (navicular, cubóide, cuneiforme medial, cuneiforme intermédio e cuneiforme lateral), articulação transversa do tarso e articulações intertarsais distais. Finalmente o retropé consiste nos ossos do tálus, calcâneo e articulação talocalcânea. O calcâneo, o maior osso tarsal, é bem adaptado para receber o impacto do contato do calcanhar durante a marcha. A grande e rugosa tuberosidade do calcâneo recebe a fixação do tendão do calcâneo. A face plantar da tuberosidade possui processos lateral e medial que servem como fixação para muitos dos músculos intrínsecos e para a aponeurose plantar (17).

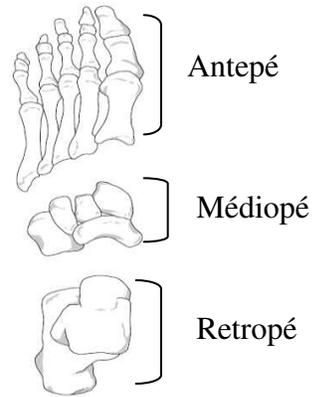


Figura 1. Subdivisões do pé: antepé, mediopé e retropé. Fonte: Lippert L., 2006.

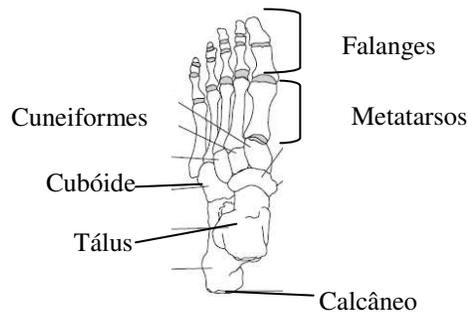


Figura 2. Ossos do pé. Fonte: Lippert L., 2006.

A função primária do tornozelo e pé é absorver o choque e proporcionar impulso para o corpo durante a caminhada (17). A caminhada e a corrida solicitam das articulações envolvidas tanto maleabilidade para que o pé se adapte às incontáveis configurações exigidas como rigidez para ser capaz de resistir a grandes impulsos propulsores. Diversos músculos exercem papel fundamental na marcha normal, auxiliando no controle e equilíbrio entre rigidez e maleabilidade, através de contrações excêntricas e concêntricas: tibial anterior, extensor dos dedos, extensor longo do hálux, gastrocnêmios, sóleo, tibial posterior e fibulares.

O músculo tibial anterior possui dois períodos de atividade importantes na marcha. No contato do calcanhar ao solo uma forte ativação excêntrica está presente para desacelerar a flexão plantar passiva do tornozelo imposta pelo peso corporal sendo esta aplicada na região posterior do calcâneo (17). A segunda ação deste músculo é o movimento de dorsiflexão do tornozelo e retirada dos dedos do solo durante a fase de balanço (17).

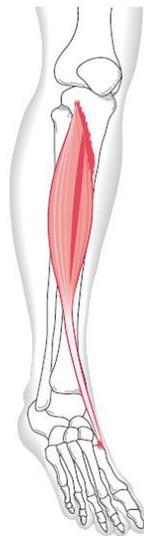


Figura 3. Tibial anterior. Fonte: Lippert L., 2006

Os músculos extensor dos dedos e extensor longo do hálux também desaceleram a flexão plantar do tornozelo no contato do calcanhar com o solo. Porém esses músculos necessitam de uma linha de força para desacelerar a pronação do pé durante a resposta à carga e fase de apoio média. Na fase de balanço suas ações são semelhantes ao músculo tibial anterior, auxiliando na dorsiflexão do tornozelo e retirada dos dedos do solo (17).

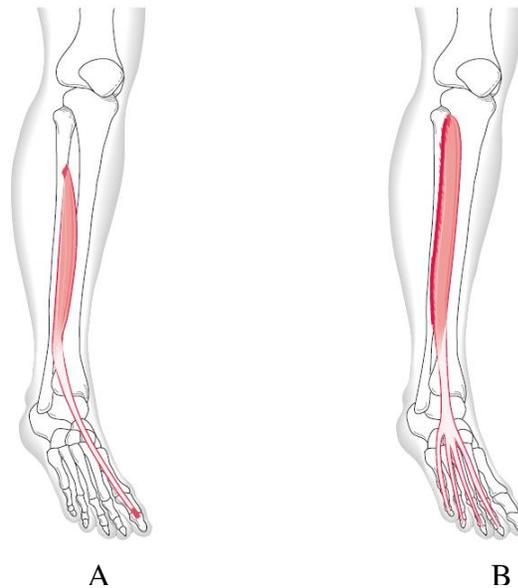


Figura 4. Extensor longo do hálux (A) e extensor longo dos dedos (B).
Fonte:LippertL.,2006

O tendão do músculo tibial posterior insere-se na tuberosidade medial do navicular (sua porção principal) e continua através da segunda tira para a superfície plantar do pé, onde se arboriza e se insere em todos os cuneiformes, o cubóide e as bases do primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto metatarsais (17). Esse músculo é um potente supinador do pé e está ativo entre 5% e 55% do ciclo da marcha. Ele é responsável por desacelerar a pronação do pé até 35% do ciclo da marcha e supiná-lo até 55% (fase de apoio médio e terminal) (17).



Figura 5. Tibial posterior. Fonte: Lippert L., 2006

Em relação aos músculos fibulares, no interior, próximo à concavidade da fíbula, situa-se o tendão do músculo fibular curto e diretamente sob o retináculo superior dos fibulares encontra-se o tendão do fibular longo. O fibular curto dirige-se à zona de sua inserção na base do quinto metatarsal e o fibular longo, mudando novamente de direção ao passar no sulco do cuboide, encaminha-se obliquamente ao local de inserção na base plantar do primeiro e do segundo metatarsais e cuneiforme medial (36).

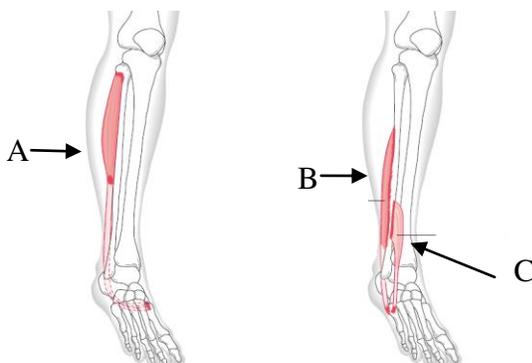


Figura 6. Fibular longo (A), fibular curto (B) e fibular terceiro (C). Fonte: Lippert L., 2006

Os músculos fibulares curto e longo estão ativos a partir de aproximadamente 20% a 30% do ciclo da marcha até logo após a saída do calcanhar do solo. Além de sua função como flexores plantares, esses músculos eversores ajudam a neutralizar a inversão do pé produzida pela ativação dos músculos tibial anterior e posterior da perna (17) e

auxiliam no alinhamento e na estabilização da articulação talocalcânea. O músculo fibular longo auxilia na cinemática global do corpo assentando rigidamente o primeiro raio no solo, o que fornece base firme de suporte para ação do pé como alavanca rígida no decorrer das fases de apoio terminal e pré-balanço da marcha (17).

Os músculos intrínsecos do pé são normalmente ativos desde a fase de apoio médio até a saída dos dedos do solo (30% a 60% do ciclo da marcha), especialmente se o pé não estiver apoiado em calçados bem ajustados. Esses músculos estabilizam o antepé e elevam o arco longitudinal medial fornecendo, deste modo, uma alavanca rígida para o tornozelo em flexão plantar nas fases de apoio terminal e pré-balanço (17).

O tendão do calcâneo é o maior e mais poderoso tendão no tornozelo. É formado pelo músculo gastrocnêmio, que se fixa acima do joelho e na face posterior dos côndilos femorais medial e lateral, e o músculo sóleo, que se origina da parte superior da tibia posterior, fíbula e membrana interóssea (33). O músculo gastrocnêmio é mais eficaz na flexão plantar do tornozelo com o joelho estendido, enquanto o músculo sóleo é mais eficaz na flexão plantar com o joelho flexionado. Depois de correr através da panturrilha no compartimento posterior, as fibras do tendão do calcâneo rodam 90 graus na direção da inserção na tuberosidade calcânea, com as fibras do gastrocnêmio situando laterais e as fibras do sóleo alojando-se mediais ao ponto de inserção (33).

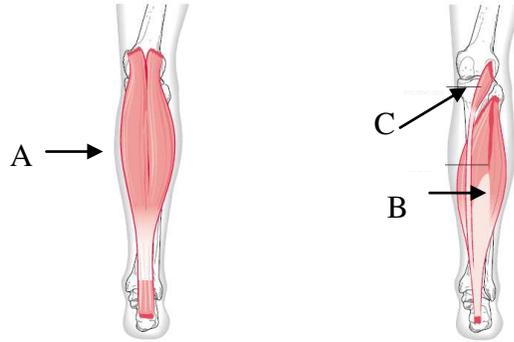
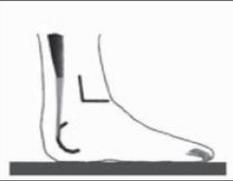


Figura 7. Gastrocnêmios (A), sóleo (B) e plantar (C). Fonte: Lippert L., 2006

Os músculos flexores plantares do tornozelo são ativos principalmente na fase de apoio do ciclo da marcha, entre 10% e 40%. Neste período eles controlam excentricamente o movimento da tíbia para frente sobre o pé. No apoio terminal ocorre a principal explosão de atividade desse conjunto muscular na retirada do calcanhar do solo gerando um torque de flexão plantar, participando na geração do impulso pela propulsão do corpo para frente. Essa atividade diminui rapidamente com a retirada dos dedos do solo (17).

Quadro 1. Função excêntrica do tendão do calcâneo durante o ciclo da marcha. Fonte: Maffulli N., 2007

| | | | |
|---|--|---|--|
|  |  |  |  |
| Choque do calcâneo: Contração excêntrica do tendão do calcâneo no momento de pré-resposta à carga enquanto há contração concêntrica dos dorsiflexores | Choque do calcâneo até final do apoio médio: tendão do calcâneo trabalha excentricamente para estabilizar a tibia enquanto ocorre seu rolamento, estabiliza lateralmente o antepé e desacelera a pronação da articulação subtalar e rotação interna da perna. | Final do apoio médio até o início da retirada do calcâneo: o tendão do calcâneo passa de contração excêntrica para isométrica. | Retirada completa do calcâneo: O momento de força se transfere para o antepé elevando o calcâneo do chão. |

3.2 Marcha normal

A marcha é um método natural do corpo para se deslocar de um local para o outro utilizando o mínimo de energia e por isso, é considerada uma das maiores habilidades do ser humano (26). É composta por uma sequência de repetições de movimento do membro para mover o corpo para frente enquanto mantém a postura estável (26).

3.2.1 Ciclo da marcha

O ciclo da marcha é o intervalo de tempo ou sequência de movimentos que ocorrem entre dois contatos iniciais consecutivos do mesmo pé (27). Cada ciclo da marcha é dividido em dois períodos, fase de apoio e fase de balanço. A fase de apoio começa quando o pé toca o solo e compreende todo o período em que o mesmo pé está em contato com a superfície. Ela é geralmente subdividida em cinco subfases e é responsável por cerca de 60% do ciclo da marcha (26).

Já a fase de balanço tem início quando o pé perde o contato com o solo, ocorrendo nos últimos 40% do ciclo da marcha (26).

3.2.1.1 Subfases da marcha

O contato inicial é o evento que principia a fase de apoio e corresponde de zero a 2% do ciclo da marcha. Esta fase ocorre imediatamente quando o pé toca o solo e inicia o rolamento do calcanhar. Neste momento a articulação do tornozelo deve estar em posição neutra, joelho estendido e quadril flexionado (26).

A resposta à carga é o período de duplo apoio inicial, no qual o peso é transferido para a perna de apoio, correspondendo de zero a 10% do ciclo da marcha. Nesta fase há flexão restrita do joelho, flexão plantar do tornozelo e estabilização do quadril para que ocorra absorção do choque do calcâneo promovido pela ação do músculo quadríceps. Há limitação do arco de flexão do joelho para manter a estabilidade na recepção do peso no joelho, permitindo que o rolamento do calcanhar continue a progressão do corpo (26).

O apoio médio corresponde de 10% a 30% do ciclo da marcha. Inicia-se quando o outro pé é elevado e continua até que o peso do corpo esteja alinhado sobre o antepé. Nesta fase ocorre restrita dorsiflexão do tornozelo, permitindo o seu rolamento e a progressão anterior seguida de extensão do joelho. Isso levará ao alinhamento e estabilidade progressiva do membro juntamente com estabilização do quadril no plano coronal para que a ação da musculatura abduutora estabilize a pelve em nível postural, promovendo assim uma base apropriada para o alinhamento do tronco (26).

O apoio terminal corresponde de 30% a 50% do ciclo da marcha e é conhecido como o período de descarregamento do peso. Nesta fase ocorre elevação do calcanhar e queda anterior do corpo, principal componente da progressão. O rolamento do antepé permite que o corpo avance além da área de suporte e a estabilização dinâmica do tornozelo é o elemento que permite a elevação do calcanhar (26).

O pré-balanço é a fase final do apoio, correspondendo de 50% a 60% do ciclo da marcha, onde há grande amplitude de flexão da articulação do joelho, o que contribui para desprendimento dos dedos e avanço do membro (26).

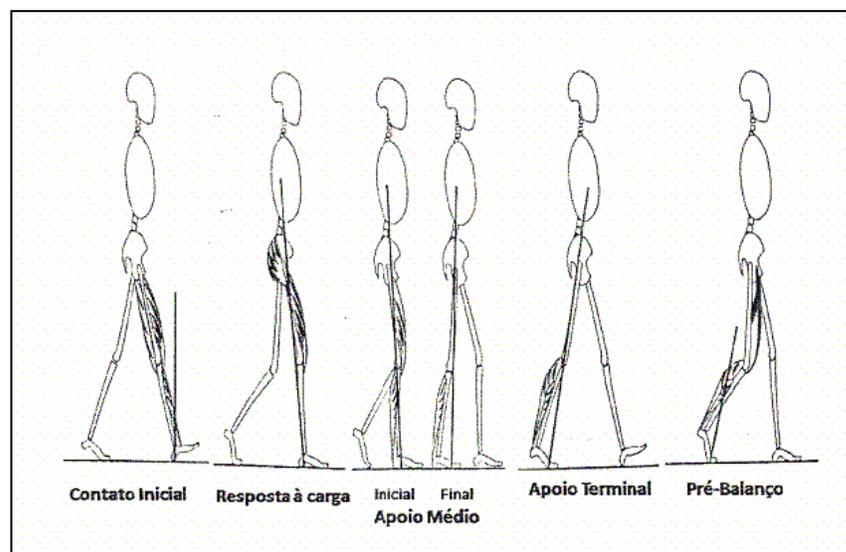


Figura 8. Divisões da fase de apoio. Fonte: Perry J, 2005.

Durante o balanço inicial (60 a 73% do ciclo da marcha) as articulações do quadril e joelho flexionam para permitir que o membro em balanço dirija-se para frente, sendo que a liberação do pé do solo depende mais da flexão adequada do joelho do que do tornozelo propriamente dito, pois a postura do membro posiciona o pé com os dedos para baixo e o avanço da coxa contribui como força propulsora (26).

O balanço médio corresponde de 73 a 87% do ciclo da marcha, continuando com a atividade de avanço do membro e passagem do pé, momento em que ocorre aumento da flexão do quadril e dorsiflexão do tornozelo. O controle ativo do tornozelo permite que o pé seja liberado (26).

O balanço terminal compreendido entre 87 e 100% do ciclo da marcha é a fase final do balanço e inicia-se com a tíbia vertical e termina quando o pé toca o solo. Ocorre assim a desaceleração do quadril e joelho para inibir a flexão adicional do quadril e evitar a hiperflexão do joelho, sendo que a extensão do joelho gera uma posição de estabilidade passiva nesta articulação durante o preparo para aceitação do peso do corpo. Além disso, o tornozelo é mantido em posição neutra para o contato com o solo (26).

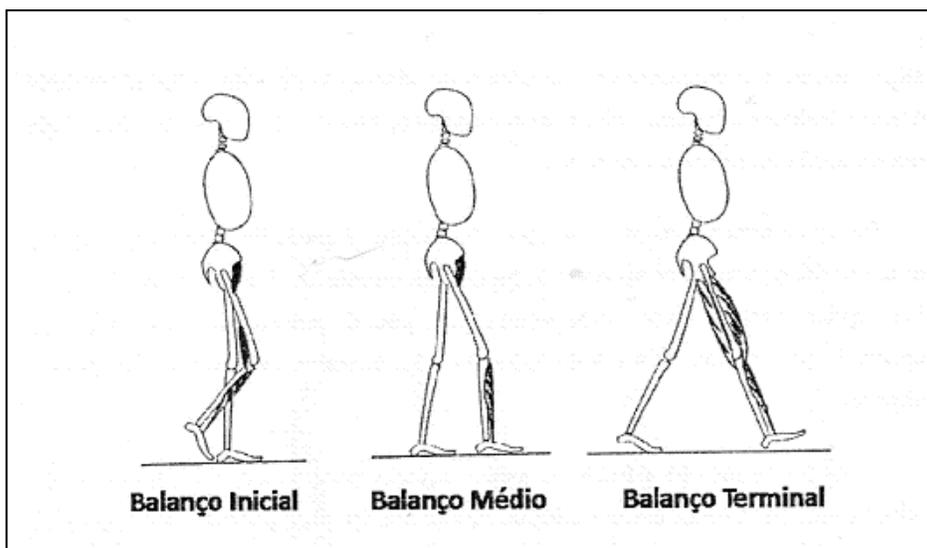


Figura 9. Divisões da fase de balanço. Fonte: Perry J, 2005

3.2.2 Cinemática

Cinemática é a ciência que descreve o movimento através de deslocamentos angulares, velocidade e aceleração no espaço. Essas medidas são realizadas com precisão através do uso de alguns instrumentos (26).

As medidas lineares do ciclo da marcha incluem variáveis de tempo e distância, dentre elas cadência (número de passos dados em um intervalo de tempo), passo (espaço compreendido entre os pontos onde os pés tocam o solo), passada (espaço entre o contato inicial de um pé e o novo contato inicial do mesmo pé) e velocidade (média da velocidade ao longo da progressão) (34).

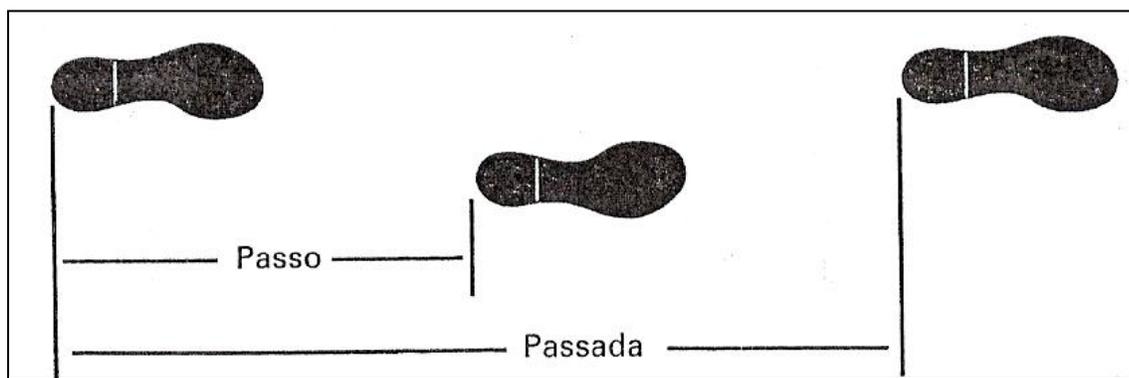


Figura 10. Passo X Passada. Fonte: Rose J, Gamble JG, 1993

3.2.3 Cinética

A compreensão de cinética da marcha é essencial para interpretação apropriada da locomoção humana. Ela é o estudo das forças internas (músculos e ligamentos) e externas (gravidade e força de reação do solo) que causam os movimentos (18) As forças internas podem ser positivas quando produzem o movimento, ou negativas quando provocam resistência ao movimento. Já as forças externas, são sempre geradas quando o pé

está em contato com a superfície da marcha (2). Essas medidas podem ser realizadas através de instrumentos e calculadas a partir do movimento.

O momento de força é medido através do efeito de rotação criado por uma força que pode ser gerada por músculos ou outras estruturas. Fatores como peso e altura influenciam o valor do momento.

3.3 Técnicas cirúrgicas de reconstrução de rupturas do tendão do calcâneo

No começo do século XX o tratamento conservador era aceito como padrão para rupturas do tendão do calcâneo apesar do alto índice de re-rupturas (10 a 20%). Porém com o aumento da demanda funcional da população de atletas e o avanço tecnológico e científico das técnicas cirúrgicas o tratamento cirúrgico se tornou mais acessível (19).

As rupturas do tendão do calcâneo ocorrem geralmente no corpo do tendão, aproximadamente de 2 a 6 cm acima de sua inserção no osso calcâneo e para reparação desta falha algumas técnicas cirúrgicas são utilizadas pelos cirurgiões ortopedistas. Algumas delas serão descritas abaixo.

3.3.1 Técnica cirúrgica de reparo aberto coto-a-coto

É feita incisão longitudinal de 6 a 8 cm seguindo a borda medial do tendão do calcâneo. O tecido subcutâneo e gordura são divididos até o tendão ser alcançado. O tornozelo é mantido em flexão plantar para expor e aproximar os cotos do tendão roto. Os cotos podem ser aproximados sem debridamento. O paratendão deve ser dividido após a exposição dos cotos. A reparação final é reforçada com suturas ininterruptas. O pé deve ser imobilizado em posição equina (19).

3.3.2 Técnica cirúrgica de Mandelbaum

Cirurgia de incisão longitudinal póstero-medial, 1 cm medial ao tendão, de aproximadamente 10cm. A pele, o tecido subcutâneo e a bainha do tendão são acentuadamente dissecados. Os cotos são aproximados e suturados com fio não absorvível número 2 através da técnica de Krackow. O pé é imobilizado em posição equina após o procedimento (19).

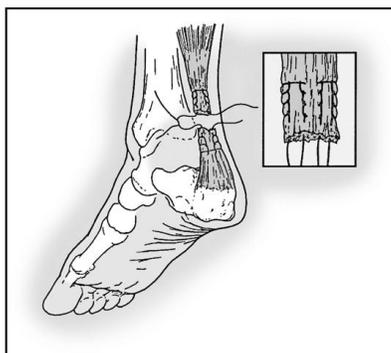


Figura 11. Técnica cirúrgica de Mandelbaum. Fonte: Rosenweig S, Azar FM, 2009

3.3.3 Técnica cirúrgica de Lynn

Após o reparo coto-a-coto descrito anteriormente o músculo plantar é utilizado como reforço. Sendo assim, é removido de sua inserção no osso calcâneo, suas fibras são cuidadosamente separadas (abertas) e colocadas sobre o reparo feito. Múltiplas suturas com fios absorvíveis número 2 são utilizadas ao longo do tendão do calcâneo (19).

3.3.4 Técnica cirúrgica de Lindholm

Dois retalhos de aproximadamente 1cm de largura e 7 a 8cm de comprimento são retirados do tendão proximal e aponeurose do gastrocnêmio. Esses retalhos são suturados a 3cm proximalmente ao sítio da ruptura. Cada retalho é rebatido 180 graus da posição original, fazendo com que sua superfície externa lisa se acomode próxima ao tecido subcutâneo, cobrindo completamente o sítio da ruptura. A modificação desta técnica seria um único retalho da fascia do músculo gastrocnêmio de aproximadamente 4cm de largura, reabatido a 180 graus, também cobrindo todo o sítio da ruptura (19).

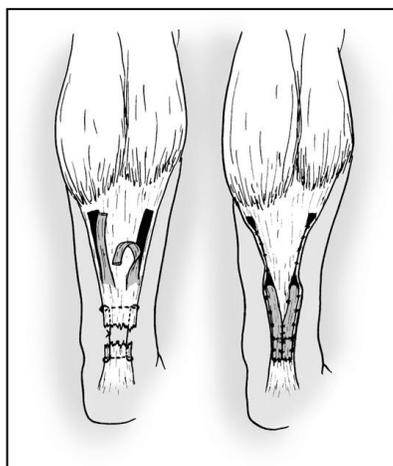


Figura 12. Técnica cirúrgica de Lindholm. Fonte: Rosenweig S, Azar FM, 2009

3.3.5 Técnica cirúrgica de transferência muscular

O tendão do calcâneo e a tuberosidade do calcâneo são expostos através de incisão longitudinal póstero-lateral. O tendão do músculo fibular curto é isolado por meio de pequena incisão na base do quinto metatarsal. A aponeurose é extirpada separando os compartimentos lateral e posterior e o fibular curto é levado até a primeira incisão. A

tuberosidade do calcâneo é dissecada e é feito um orifício para passagem do tendão através do diâmetro transverso do osso. O músculo fibular curto passa por trás e proximalmente ao tendão do calcâneo, reforçando a sutura realizada (19).



Figura 13. Técnica cirúrgica com transferência muscular. Fonte: Rosenweig S, Azar FM, 2009

Para uso do flexor longo dos dedos, o músculo é retirado do mediopé. O tendão é passado por dentro do osso calcâneo, de medial para lateral, e tracionado com o pé de 10 a 15 graus de flexão plantar e suturado no coto distal do tendão roto. Para transferência do músculo flexor longo do hálux (FLH) duas incisões são necessárias: uma medialmente ao tendão do calcâneo e a outra medial e inferiormente ao osso navicular até a articulação metatarsofalangeana do primeiro raio. FLH é cortado proximalmente e separado dos ramos dos dedos. O coto distal do tendão roto é suturado adjacente a ele e o coto proximal do FLH é levado até a sutura, reforçando-a (40).

3.3.6 Técnica cirúrgica com enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo

Maffulli N. et al (11) descreveram a técnica minimamente invasiva utilizando o tendão do músculo semitendíneo para reconstrução de rupturas do tendão do calcâneo. São feitas duas incisões; uma proximal paramediana e outra distal na mesma direção. Os cotos são identificados e liberados de aderências peritendíneas, tornando-se cotos saudáveis (11).

No joelho, o tendão do músculo semitendíneo é colhido através de incisão longitudinal de 2 a 3 cm na região da pata de ganso. Ele é então passado através de uma pequena incisão realizada no coto proximal do tendão do calcâneo, sendo assim suturado.

Logo após é levado à incisão distal, por baixo da pele intacta. Já na porção distal, o enxerto livre do tendão semitendíneo é passado de medial para lateral por tenotomia realizada transversalmente no coto distal (11). As extremidades do enxerto são passadas novamente para o coto proximal por baixo da pele intacta. A mesma tenotomia transversal é realizada no coto proximal até que, depois de repetidas vezes, o reforço seja formado como demonstrado na figura 14.

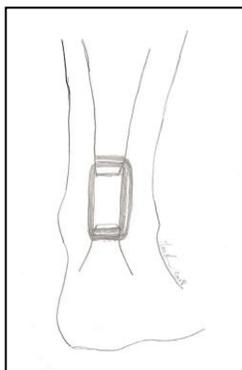


Figura 14. Técnica cirúrgica com enxerto livre do tendão do semitendíneo. Fonte: Maffulli N, 2008

3.4 Estudos biomecânicos após cirurgias de reconstrução do tendão do calcâneo

Levando em consideração a importância da função do músculo tríceps sural, acredita-se que as rupturas do tendão do calcâneo e subsequente tratamento apresentam consequências substanciais no ciclo da marcha. Estudos com análises cinéticas e cinemáticas são encontrados na literatura em pacientes portadores de tendinopatias do tendão do calcâneo focados principalmente na prática da corrida. Entretanto, poucos estudos foram encontrados avaliando a cinética e cinemática da articulação do tornozelo após ruptura e reconstrução do tendão do calcâneo.

Embora bons resultados sejam descritos na literatura sobre as técnicas cirúrgicas, não há consenso sobre o melhor método. O reparo do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do flexor longo do hálux, fibular curto e gracilis têm sido descrito com resultados bastante satisfatórios. Sebastian H et al. (21) buscavam propriedades biomecânicas de enxertos autólogos locais na reparação das rupturas do tendão do calcâneo e examinaram, no tempo zero *in vitro*, propriedades mecânicas do tendão do calcâneo reconstruído através de enxerto dos músculos fibular curto e flexor longo do hálux em cadáveres humanos. Eles concluíram que a utilização de um tendão ou de outro na reconstrução do tendão do calcâneo trabalha de forma semelhante em relação à rigidez, energia da falha e ao modo da falha. Minkulin M et al. (14) avaliaram grupo de cinco pacientes tratados com transferência de fibular curto. Eles encontraram aumento do pico de torque em todos os casos após um ano de seguimento.

Silbernagel KG. et al (43) descreveu estudo de caso de atleta de alto desempenho com ruptura de tendão do calcâneo operada através de sutura coto-a-coto. Análise cinética

e cinemática da corrida, antes e depois da lesão, demonstrou aumento do pico de abdução e eversão do retropé no membro operado e em relação ao lado não operado. Além disso, houve diminuição do momento plantiflexor e eversor na comparação entre os lados e entre as duas análises.

O questionário de função AOFAS e plataforma dinamométrica foram escolhidos por Garrido IM. et al (44) para avaliar 18 pacientes operados através de sistema de sutura minimamente invasiva seguidos de protocolo de reabilitação precoce. Após 22 meses de seguimento os autores encontraram média de 98 pontos na escala de 0 a 100, correlacionando com melhora na análise cinética e cinemática da marcha dos indivíduos.

Costa ML. et al (45) avaliaram prospectivamente 14 pacientes diagnosticados com ruptura de tendão do calcâneo e 15 indivíduos normais como grupo controle. Seis indivíduos do grupo de pacientes foram tratados conservadoramente e oito cirurgicamente. A avaliação foi feita através de baropodometria, com sistema colocado dentro do calçado dos participantes sendo objetivo do estudo identificar anormalidades da marcha. Houve redução na média de pico da pressão do antepé no período inicial à reabilitação e concomitante aumento na pressão no calcâneo no membro lesionado. Entretanto não demonstrou diferença na cadência do ciclo da marcha. A deficiência de pressão no antepé no grupo com ruptura de tendão do calcâneo foi menor na avaliação feita seis meses após a lesão, porém ainda apresentando diferenças significativas em relação ao grupo controle.

A retirada do tendão do músculo semitendíneo é prática frequente dos cirurgiões ortopédicos na reconstrução do ligamento cruzado anterior. Rudroff T. (46) verificou que indivíduos submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior com tendão patelar

apresentam menor fase de apoio no membro operado em comparação ao membro não operado. Já, nos pacientes operados através do tendão do músculo semitendíneo não houve essa diferença, tanto em comparação com lado não operado quanto no grupo controle.

Vairo GL. et al (47) estudaram o desempenho biomecânico e neuromuscular de 14 indivíduos fisicamente ativos após reconstrução do ligamento cruzado anterior através de enxerto do tendão do músculo semitendíneo e gracilis. Esse grupo foi comparado com grupo controle e análise cinética e cinemática foi feita através de dinâmica inversa enquanto os participantes realizavam movimento de aterrissagem de altura de 30 cm no membro operado. Outras coletas foram realizadas tais como eletromiografia e dinamometria isocinética dos músculos do quadríceps e ísquiotibiais. O membro operado apresentou diminuição do pico da força de reação do solo quando comparado ao lado não operado e grupo controle. Além disso, o grupo operado apresentou maior pico de flexão da articulação do joelho e tornozelo na aterrissagem quando comparado ao grupo controle. Os autores concluíram que os participantes do estudo não apresentaram deficiências neuromusculares, biomecânicas, de força ou de resistência pela ausência do músculo no sítio doador.

A técnica de reconstrução do tendão do calcâneo através do enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo pode ser considerada recente. Poucos estudos foram encontrados na literatura para desenvolver discussões a respeito.

Sarzaem MM. et al (20) avaliaram 11 pacientes após reconstrução do tendão do calcâneo utilizando enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo em pacientes portadores de falhas acima de 6cm. Avaliação clínica e funcional foi realizada somente

pelos questionários de função AOFAS e ATRS e os autores concluíram que a técnica oferece bons resultados clínicos e funcionais além de ser benéfica em casos de rupturas com falhas acima de 6cm, após acompanhamento prospectivo de 25 meses (± 3).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostra

No período de fevereiro de 2008 a junho de 2009, 13 pacientes oriundos do pronto atendimento do Hospital das Clínicas da UNICAMP foram encaminhados ao atendimento ambulatorial do Grupo do pé e tornozelo do mesmo hospital. Todos foram diagnosticados com rupturas crônicas de tendão do calcâneo, sendo o diagnóstico baseado nos seguintes critérios: a falha palpável no tendão, teste de Thompson com resultado positivo e sinais clínicos de ruptura (pacientes inaptos a ficarem na ponta dos pés). O tratamento cirúrgico foi indicado para todos os pacientes. Nenhum exame de imagem foi realizado antes ou depois da reconstrução. O procedimento cirúrgico foi realizado com paciente em decúbito ventral, sob anestesia geral ou espinal. O tendão do músculo semitendíneo foi colhido através de incisão vertical, longitudinal de 2.5-3cm de comprimento, na pata de ganso.

Em oito pacientes foi encontrada extensa área de degeneração no tendão do calcâneo. Os outros cinco pacientes apresentaram condições degenerativas esperadas. O tecido degenerado foi removido e essa área foi ressecada quando a lesão era maior que 4 cm. Somente suturas tendão-tendão foram utilizadas. Com o tornozelo em máxima flexão plantar o tendão do músculo semitendíneo foi suturado no tendão do calcâneo utilizando sutura absorvível. O enxerto foi suturado para manutenção da tensão original.

A técnica cirúrgica utilizada no presente estudo se difere da técnica representada pela figura 14 somente na incisão, ou seja, em vez de duas incisões foi realizada somente uma medialmente ao corpo do tendão do calcâneo.

Após a operação os pacientes foram submetidos ao protocolo de reabilitação precoce (Anexo 3) e análise cinética e cinemática da marcha seis e doze meses após o procedimento cirúrgico no Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor o Hospital de Clínicas da UNICAMP. O trabalho foi aprovado pelo comitê de ética local (CEP/Protocolo: 597/2009).

Para melhor análise dos dados o grupo Paciente foi dividido em quatro subgrupos:

- **pé Normal 6M:** coleta feita aos 6 meses de pós-operatório analisando o pé não operado do paciente

- **pé Operado 6M:** coleta feita aos 6 meses de pós-operatório analisando o pé operado do paciente

- **pé Normal 12M:** coleta feita aos 12 meses de pós-operatório analisando o pé não operado do paciente

- **pé Operado 12M:** coleta feita aos 12 meses de pós-operatório analisando o pé operado do paciente

A casuística constou de 10 pacientes do sexo masculino e 3 do feminino, sendo o lado direito acometido em sete pés e seis à esquerda. Os indivíduos do grupo Paciente apresentaram média de idade de 42,23 ($\pm 11,4$) anos, massa corporal de 83,38 ($\pm 15,11$) quilogramas, altura de 1,71 ($\pm 0,05$) metros e índice de massa corpórea (IMC) de 28,08 ($\pm 4,60$). O grupo Controle apresentou média de idade de 34,83 ($\pm 16,80$) anos, massa corporal de 77,6 ($\pm 15,30$) quilogramas, 1,74 ($\pm 0,08$) metros de altura e IMC de 24,99 ($\pm 3,14$).

Foi utilizado como critério de inclusão o diagnóstico tardio de rupturas de tendão do calcâneo (após quatro semanas do trauma). Não foram incluídos no trabalho pacientes com histórico de cirurgia prévia de tendão do calcâneo.

O protocolo de reabilitação (Anexo 3) se iniciou uma semana após a cirurgia. Os exercícios abrangeram todo o membro inferior, sendo dada ênfase maior à amplitude de movimento e força dos movimentos correspondentes ao eixo transversal do tornozelo. A cada semana os exercícios eram modificados de acordo com o tempo de pós-operatório, os quais evoluíam em dificuldade, força e resistência. Todos os pacientes completaram as 10 semanas de reabilitação proposta pelo trabalho.

O grupo Paciente respondeu ao questionário de função AOFAS (*American Orthopedic Foot and Ankle Society*, 1994 – Anexo 1) de pé e tornozelo com 6 e 12 meses de pós-operatório. Os itens do questionário são relacionados à dor, função e alinhamento do retropé, totalizando 100 pontos.

O item dor (40 pontos) avalia a intensidade e frequência dos sintomas álgicos. O item função (50 pontos) é subdividido em sete subitens: atividade, distância caminhada, capacidade para caminhar em diferentes superfícies, anormalidade na marcha, amplitude de movimentação sagital (flexo-extensão), amplitude de movimentação do retropé (inversão-eversão) e estabilidade do tornozelo-retropé (anteroposterior e varo-valgo). O item alinhamento (10 pontos) qualifica o alinhamento entre o tornozelo e o retropé em bom, regular e ruim (1).

A análise do questionário é realizada pela soma dos pontos alcançados em cada questão. Quanto maior a pontuação, melhor a condição do paciente.

Somente um paciente foi afastado do trabalho, pois apresentou complicações pós-operatórias por uso contínuo de cigarro. O paciente tabagista evoluiu para necrose do tecido em questão e foi acompanhado pela equipe do Grupo do Pé e Tornozelo do Hospital das Clínicas da UNICAMP até a resolução final do seu problema.

4.2 Avaliação da marcha

A avaliação da marcha do presente estudo foi realizada por meio da análise de dados espaço-temporais, cinemáticos e cinéticos utilizando protocolo e equipamentos desenvolvidos pela empresa Qualysis.

4.2.1 Posicionamento dos marcadores

Foram utilizados 17 marcadores esféricos com 20mm de diâmetro, confeccionados em polietileno e revestidos com material reflexivo. Estes marcadores foram fixados em pontos anatômicos dos membros inferiores sobre a pele, utilizando fita adesiva. Utilizou-se o protocolo de posicionamento dos marcadores desenvolvido inicialmente em Oxford e aprimorado, posteriormente, no Laboratório de Lundberg, sendo esses posicionados (figura 15):

- trocânter maior do fêmur;
- borda superior da patela: ao longo da linha central da patela e a 1cm proximal da borda superior da patela, com joelho em extensão;
- interlinha articular lateral do joelho;
- tuberosidade da tíbia: posicionado no meio da tuberosidade anterior da tíbia;
- maléolo lateral: aplicado a 3cm proximal ao maléolo lateral

- posteriormente ao calcanhar: mesmo plano horizontal do marcador fixado no maléolo;
- entre o II e III metatarsais: entre 1 a 1,5cm proximal à cabeça dos metatarsais

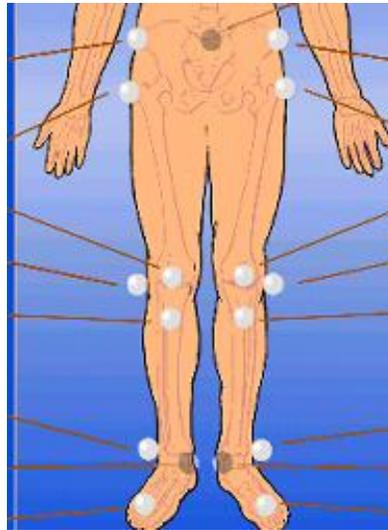


Figura 15. Posicionamento dos marcadores. Fonte: QGait versão 2.0.

4.2.2 Calibração

As coordenadas tridimensionais dos marcadores foram calculadas por meio de parâmetros externos das câmeras (sua localização e orientação), que são obtidos por meio do procedimento de calibração.

A calibração utilizou os arquivos de linearização individuais que continham parâmetros internos das câmeras e a coleta das posições bidimensionais de quatro

marcadores estáticos (“L”) e dois marcadores em movimento (“T”) no volume da calibração.

A origem do sistema de coordenadas globais (X, Y e Z) foi representada pela estrutura em “L”, mais precisamente pelo marcador posicionado no vértice dessa estrutura (figura 16).

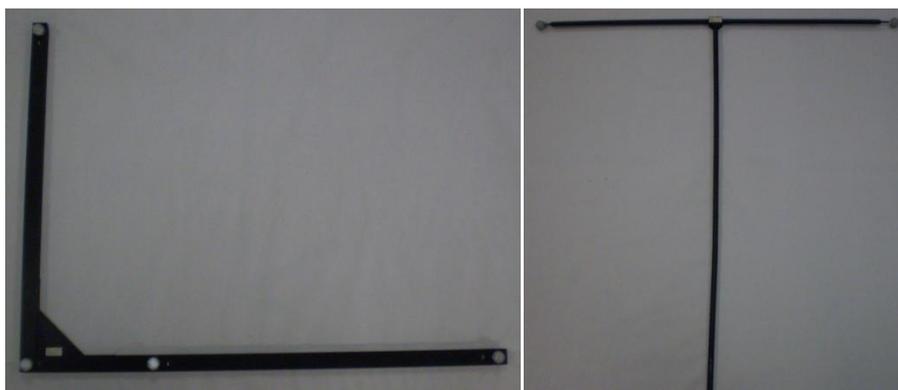


Figura 16. Instrumentos utilizados durante a calibração

O eixo x, com três marcadores, é perpendicular ao plano coronal e varia positivamente no sentido de progressão do movimento, pósterio-anterior. O eixo y possui dois marcadores e é perpendicular ao plano sagital, variando positivamente no sentido médio-lateral. O eixo z é perpendicular ao plano transversal, com variação no sentido distal-proximal (figura 17).

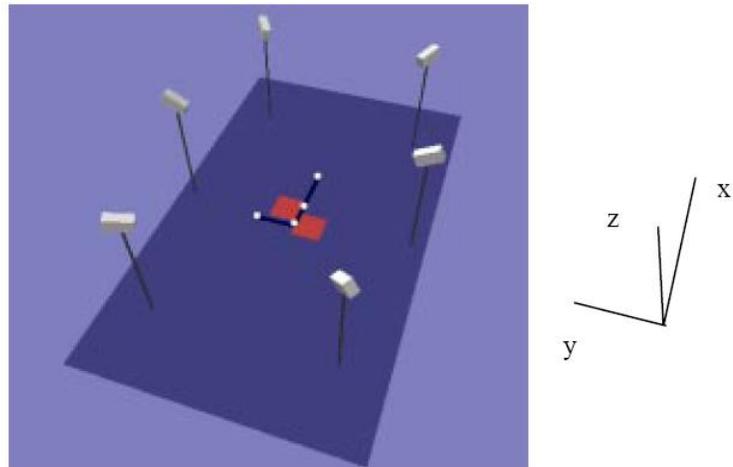


Figura 17. Esquema representativo da estrutura de referência definida para calibração das coordenadas do sistema. Fonte: Manual Qualisys AB, 1999.

Os dois marcadores móveis são utilizados para “varrer” o volume de calibração, sendo que estes estão fixos nas extremidades de um bastão de 750,3mm (“T”). Este bastão deve ser movimentado ao longo do volume de calibração sendo orientado em conformidade com os três eixos do sistema de coordenadas global (figura 18).

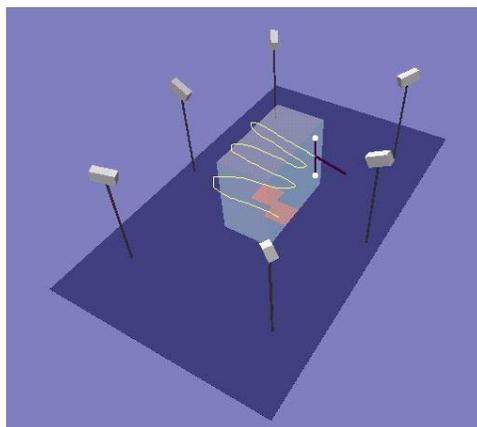


Figura 18. Sequência de movimentos realizados através do corpo de prova, durante captura da calibração no volume selecionado. Fonte: Manual Qualisys AB, 1999.

Através dessa calibração foi determinado um sistema de referência com dimensões conhecidas, registrando assim informações dentro de um campo estabelecido (tabela 1).

Tabela 1. Representação do volume de calibração das câmeras

| X | Y | Z |
|----------|----------|----------|
| -600 | -220 | -100 |
| 1800 | 700 | 1250 |

4.2.3 Captura dos dados

O sistema de captura de movimento foi formado por seis câmeras de infravermelho ProReflex da empresa Qualysis, que operavam a uma frequência de 240Hz e estavam posicionadas sobre tripés (figura 19).



Figura 19. Câmeras de luz infravermelha

Além das câmeras foi utilizada uma passarela de madeira com seis metros de comprimento e um metro de largura, que continha uma plataforma de força (AMTI, Newton, MA, USA) com dimensão de 55x51cm, que forneceu os dados de momento articular (figura 20).

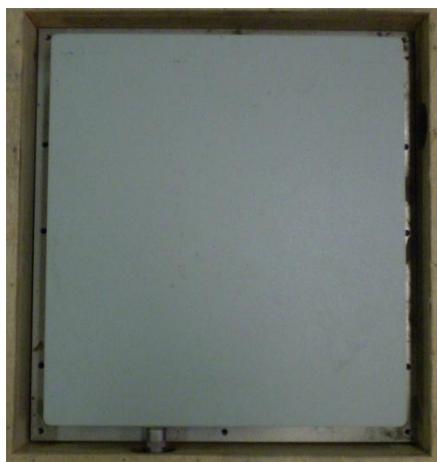


Figura 20. Plataforma de força

Os indivíduos (tanto do grupo Paciente quanto do grupo Controle) foram orientados a caminhar em velocidade confortável sobre a passarela, colocando o pé direito ou esquerdo, operado ou não operado, sobre a plataforma de força, sem alterar o comprimento do passo. Todos os indivíduos realizaram a tarefa descalços, para que não ocorressem alterações nos padrão de movimento devido aos diferentes calçados.

Todos os experimentos foram realizados cinco vezes, porém foram analisadas apenas as três melhores marchas coletadas, do ponto de vista técnico. Excluíram-se coletas que captassem ruídos e traçados indesejados.

4.2.4 Aquisição e interpretação dos dados

Para interpretar os dados coletados foi necessário um conversor analógico-digital/digital analógico (AD/DA), que permitiu a sincronização para aquisição, armazenamento e controle de sinais.

O conversor AD possui 16 canais de entrada numerados de 0 a 15, sendo seis destes destinados a plataforma de força, canal 0 (F_x -força ântero-posterior), canal 1 (F_y -força médio-lateral), canal 2 (F_z - força vertical), canal 3(M_x - momento x), canal 4 (M_y -momento y) e canal 5 (M_z -momento z).

O software Qtrac versão 2.53 foi utilizado para coletar, visualizar e armazenar os dados. A partir deste software foi gerada uma sequência de quadros de imagens resultante da identificação dos marcadores. Como resultado, obtinha-se um arquivo constituído por um conjunto de segmentos (.SEG).

Após a identificação dos pontos eram gerados dois arquivos (.TSV e .ATSV), nos quais os dados eram filtrados e as trajetórias interpoladas. Neste, o número de pontos (sete) correspondia ao número de marcadores utilizado no exame.

Por último, utilizou-se o software Qgait versão 2.0. Neste, foram colocados valores referentes ao ciclo da marcha que começava, que se iniciava no contato do pé direito ou esquerdo e terminava no segundo contato do mesmo pé. Com isso eram construídos os gráficos dos ângulos dos tornozelos, além dos momentos articulares normalizados pela altura e massa corporal dos indivíduos.

4.3 Análise estatística

Foi utilizada análise descritiva com apresentação de tabelas de frequências para variáveis categóricas e medidas de posição e dispersão para variáveis numéricas.

Para comparação de proporções foi utilizado o teste exato de Fisher.

Para comparação de medidas contínuas ou ordenáveis entre dois grupos foi aplicado o teste de Mann-Whitney.

Para comparar as variáveis do estudo entre lados (direito e esquerdo) ou entre pós-operatório (6 e 12 meses) foi aplicado o teste de Wilcoxon para amostras relacionadas.

Para comparação das medidas entre os fatores estudados (lado e tempo) nos subgrupos do grupo Paciente, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas com transformação por postos.

O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi 5%, ou seja, p-valor $\leq 0,05$ (27,28).

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização dos grupos

Antes do início dos testes foram realizadas medidas antropométricas (estatura e massa corporal) dos indivíduos (tabela 2 e 3). Através do teste Mann-Whitney verificou-se que o grupo Paciente e o grupo Controle não diferem significativamente nas proporções: idade, peso, altura e índice de massa corpórea (IMC), mostrando a homogeneidade entre eles (tabela 4).

Tabela 2. Medidas antropométricas do grupo Paciente.

| Paciente | Idade (anos) | Estatura (m) | Massa Corporal (kg) |
|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | 47 | 1,70 | 83 |
| 2 | 35 | 1,78 | 85 |
| 3 | 65 | 1,75 | 74 |
| 4 | 62 | 1,62 | 76 |
| 5 | 47 | 1,70 | 107 |
| 6 | 41 | 1,78 | 114 |
| 7 | 39 | 1,73 | 65 |
| 8 | 38 | 1,75 | 66 |
| 9 | 43 | 1,74 | 85 |
| 10 | 41 | 1,67 | 72 |
| 11 | 33 | 1,70 | 86 |
| 12 | 35 | 1,64 | 73 |
| 13 | 23 | 1,83 | 98 |
| Média ± dp | 42,23±11,35 | 1,72±0,06 | 83,38±15,11 |

dp = desvio padrão

Tabela 3. Medidas antropométricas do grupo Controle.

| Controle | Idade (anos) | Estatura (m) | Massa Corporal (kg) |
|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | 23 | 1,68 | 73,5 |
| 2 | 20 | 1,85 | 93 |
| 3 | 21 | 1,85 | 105 |
| 4 | 20 | 1,76 | 80 |
| 5 | 33 | 1,78 | 74 |
| 6 | 27 | 1,80 | 79 |
| 7 | 30 | 1,70 | 69 |
| 8 | 22 | 1,67 | 55 |
| 9 | 27 | 1,59 | 53 |
| 10 | 65 | 1,69 | 84 |
| 11 | 67 | 1,65 | 67 |
| 12 | 63 | 1,70 | 69 |
| Média ± dp | 34,83±18,64 | 1,73±0,08 | 75,13±14,68 |

dp = desvio padrão

Tabela 4. Caracterização dos grupos.

| Grupo | Idade (média±dp) | Peso (média±dp) | Altura (média±dp) | IMC (média±dp) |
|----------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Controle | 34,83±18,64 | 75,13±14,68 | 1,73±0,08 | 24,99±3,14 |
| Paciente | 42,23±11,35 | 83,38±15,11 | 1,72±0,06 | 28,08±4,60 |
| <i>p-valor</i> | <i>0,0566</i> | <i>0,2107</i> | <i>1,0000</i> | <i>0,0971</i> |

*dp = desvio padrão

Os resultados apresentados foram divididos em tabelas de acordo com os parâmetros estudados.

5.2 Parâmetros espaço-temporais

O resultado das variáveis espaço-temporais se encontra na tabela 5. As variáveis velocidade, cadência e comprimento do passo não demonstraram diferença estatística quando comparadas entre os subgrupos de pés Operados e pés Normais. Nesse caso não houve efeito do tempo (6 meses e 12 meses) ou de lado (Operado e Normal). Porém, quando os quatro subgrupos (pé Normal 6M, pé Operado 6M, pé Normal 12M e pé Operado 12M) foram comparados isoladamente com o grupo Controle observou-se diferença significativa em relação a essas variáveis. Na variável porcentagem da fase de apoio, o único subgrupo que apresentou diferença significativa quando comparado ao grupo Controle foi o pé Normal 6M ($p=0,0499$).

Tabela 5. Variáveis espaço-temporais: velocidade, cadência, comprimento do passo e porcentagem da fase de apoio. Comparação dos quatro subgrupos com o grupo Controle.

| Variáveis | Pé Operado 6M | Pé Normal 6M | Pé Operado 12M | Pé Normal 12M | Controle |
|-----------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|--------------|
| | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP |
| Velocidade (m/s) | *0.91/0.16 | *0.92/0.15 | *0.89/0.16 | *0.91/0.16 | *1.14/0.14 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0017 | 0,0021 | 0,0010 | 0,0017 | |
| Cadência (passos/minuto) | *95.41/12.15 | *95.74/9.12 | *94.51/11.37 | *94.23/8.11 | *105.78/6.12 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0098 | 0,0071 | 0,0028 | 0,0021 | |
| Comprimento do passo (m) | *1.15/0.10 | *1.17/0.17 | *1.14/0.12 | *1.17/0.12 | *1.29/0.11 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0052 | 0,0272 | 0,0086 | 0,0171 | |
| % Fase de apoio | 64.49/2.46 | *65.36/2.28 | 64.49/1.71 | 65.36/2.92 | *63.53/1.58 |
| <i>*p-valor</i> | | 0,0499 | | | |

Abreviaturas: DP, desvio padrão. *p < 0,05 na comparação entre os quatro subgrupos isoladamente com grupo Controle.

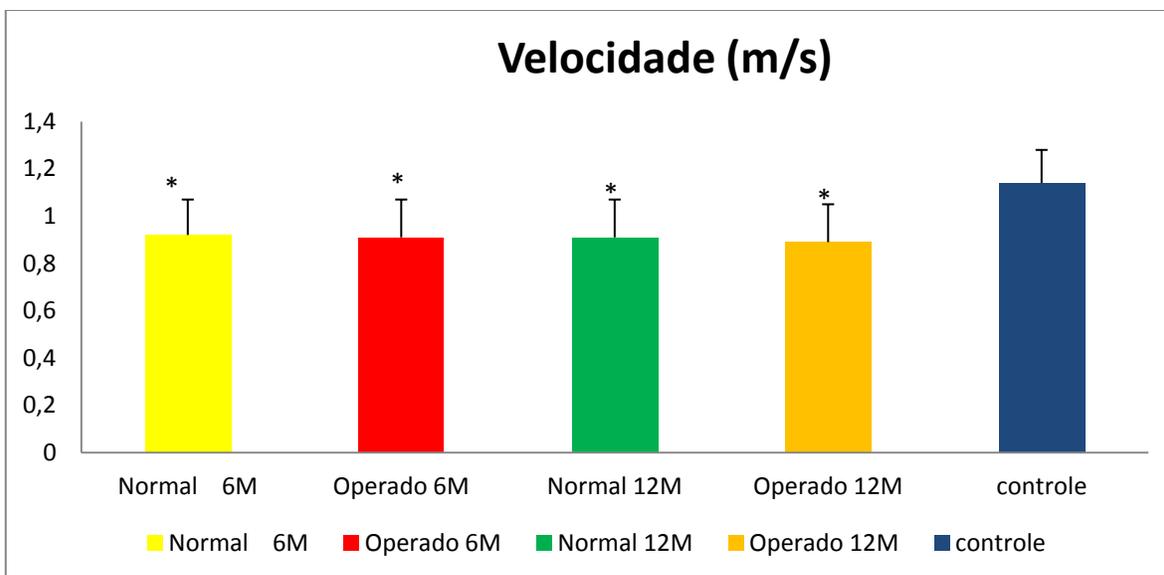


Figura 21. Velocidade. Comparação dos quatro subgrupos com grupo Controle. * $p < 0,05$.

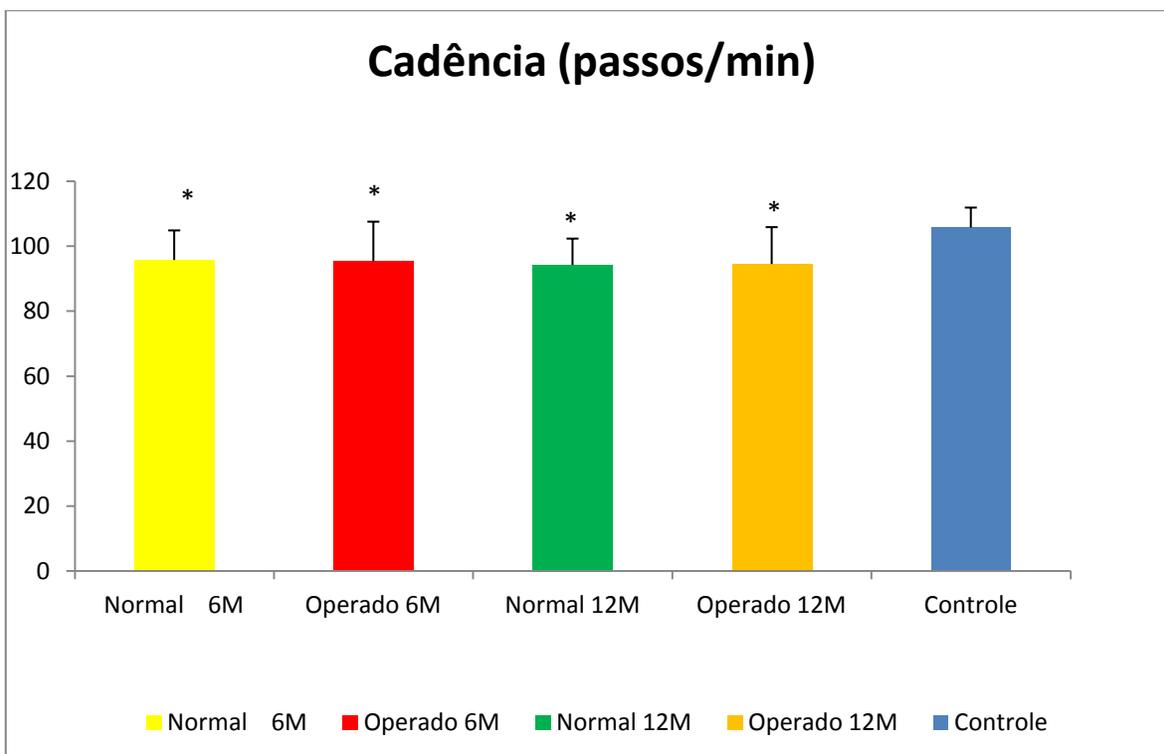


Figura 22. Cadência. Comparação dos quatro subgrupos com grupo Controle. * $p < 0,05$.

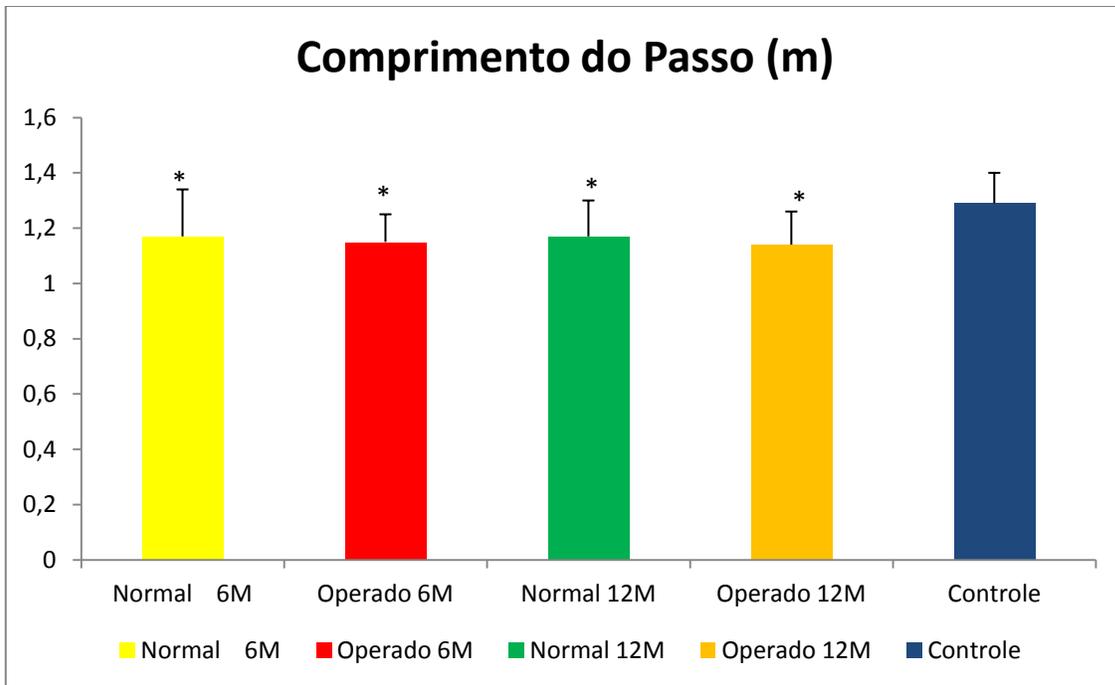


Figura 23. Comprimento do passo. Comparação dos quatro subgrupos com grupo Controle.* $p < 0,05$.

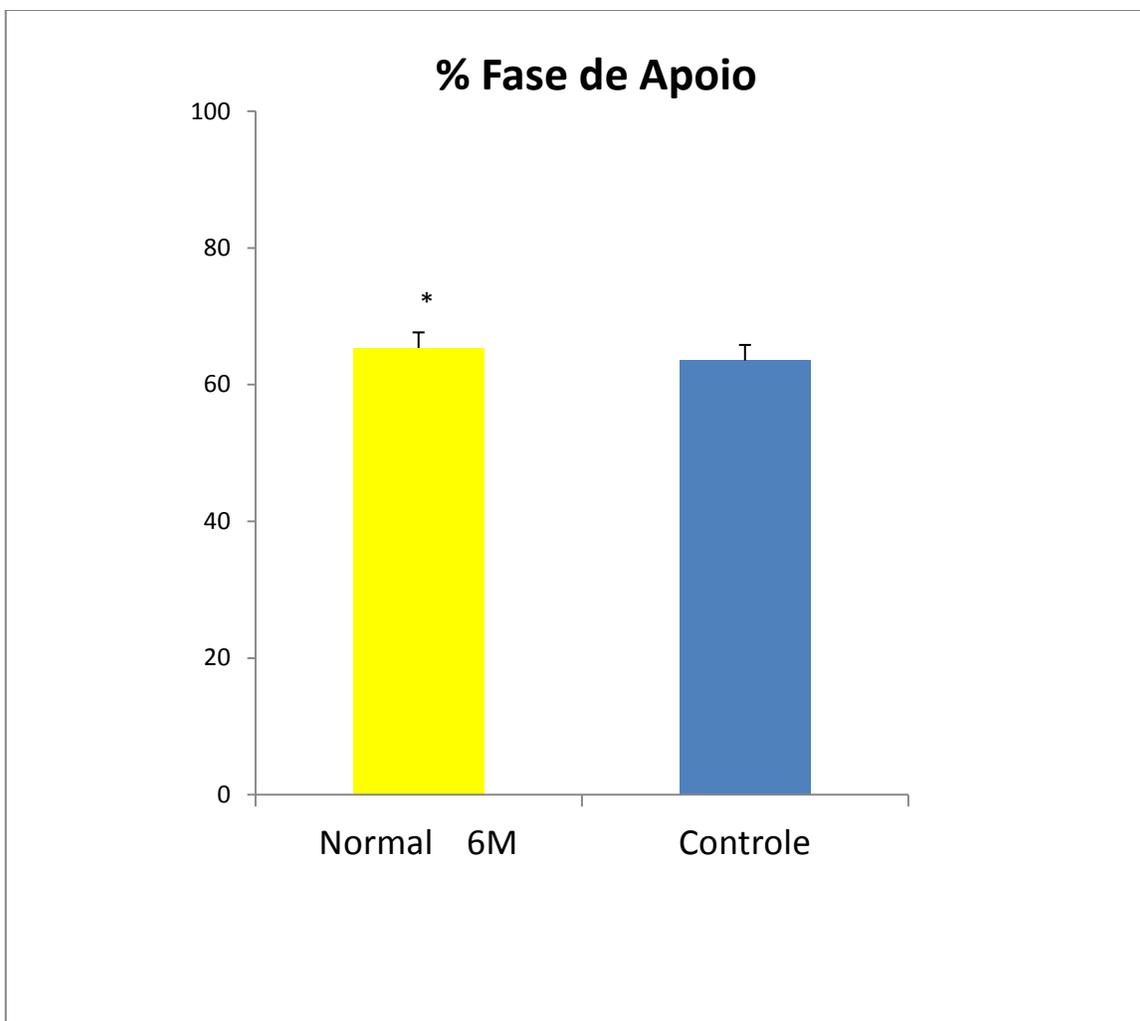


Figura 24. Porcentagem da fase de apoio. Comparação do subgrupo pé Normal 6M com grupo Controle. * $p < 0,05$.

5.3 Parâmetros cinemáticos

As tabelas 6 e 7 mostram os dados cinemáticos do tornozelo. Em relação à amplitude de movimento durante a fase de apoio observa-se efeito de tempo ($p=0,0059$) entre os subgrupos do grupo Paciente, demonstrando melhora da mobilidade com descarga de peso da articulação do tornozelo entre as duas coletas realizadas. Somente o subgrupo pé

Operado 6M obteve diferença significativa ($p=0,0240$) quando comparado ao grupo Controle mostrando que a amplitude de movimento na fase de apoio é maior em pessoas saudáveis do que nos pacientes após seis meses do procedimento.

Na fase de balanço do ciclo da marcha observou-se efeito de lado, ou seja, houve diferença significativa de amplitude de movimento entre o lado operado e não operado, com o lado operado apresentando valores menores que o não operado ($p=0,0255$). Os subgrupos pé Operado 6M e pé Operado 12M demonstraram diferença significativa ($p=0,0240$ e $p=0,0414$ respectivamente) quando comparado ao grupo Controle. Neste caso os indivíduos saudáveis apresentam maior amplitude de movimento do tornozelo que os indivíduos operados mesmo após um ano de cirurgia nesta fase do ciclo da marcha.

A amplitude de movimento de inversão e eversão ao longo do ciclo da marcha demonstrou diferença significativa entre seis meses e doze meses de pós-operatório ($p=0,0059$) apresentando assim, efeito de tempo entre os subgrupos do grupo Paciente. Observa-se, portanto, melhora do movimento da articulação subtalar neste período de tempo.

Tabela 6. Dados cinemáticos do tornozelo: amplitude de movimento no contato inicial, fase de apoio, fase de balanço, inversão e eversão: comparação dos quatro subgrupos com grupo Controle

| Variáveis | Pé Operado 6M | Pé Normal 6M | Pé Operado 12M | Pé Normal 12M | Controle |
|---------------------|----------------------|--------------|----------------------|---------------|----------------------|
| | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP |
| Contato inicial (°) | 3.46/7.57 | 2.34/11.75 | -0.85/20.02 | 4.83/31.01 | 6.02/16.76 |
| ADM apoio (°) | * 24.35/13.70 | 27.25/14.63 | 34.42/20.28 | 51.74/33.48 | * 38.19/17.04 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0240 | | | | |
| ADM balanço (°) | * 18.99/14.89 | 22.43/15.62 | * 25.31/37.31 | 28.24/20.72 | * 29.04/15.80 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0240 | | 0,0414 | | |
| ADM | 53.20/28.20 | 63.29/43.39 | 79.36/28.70 | 82.41/36.08 | 70,61/15,74 |
| Inversão/Eversão | | | | | |

Abreviaturas: DP desvio padrão; ADM, *p< 0,05 entre subgrupos pé Operado 6M e 12M e grupo Controle.

Tabela 7. Dados cinemáticos do tornozelo: amplitude de movimento no contato inicial, fase de apoio, fase de balanço, inversão e eversão: comparação entre os subgrupos do grupo Paciente.

| Variáveis | Pé Normal 6M | Pé Operado 6M | Pé Normal 12M | Pé Operado 12M |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP |
| ADM Apoio (°) | # 24.35/13.70 | # 27.25/14.63 | # 34.42/20.28 | # 51.74/33.48 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0059 | 0,0059 | 0,0059 | 0,0059 |
| ADM Balanço (°) | * 18.99/14.89 | * 22.43/15.62 | * 25.31/37.31 | * 28.24/20.72 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0255 | 0,0255 | 0,0255 | 0,0255 |
| ADM Inv/Eve (°) | # 53.20/28.20 | # 63.29/43.39 | # 79.36/28.70 | # 82.41/36.08 |
| <i>*p-valor</i> | 0,0059 | 0,0059 | 0,0059 | 0,0059 |

Abreviaturas: DP: desvio padrão; ADM: amplitude de movimento, * p< 0,05 para efeito de lado; # p<0,05 para efeito de tempo.

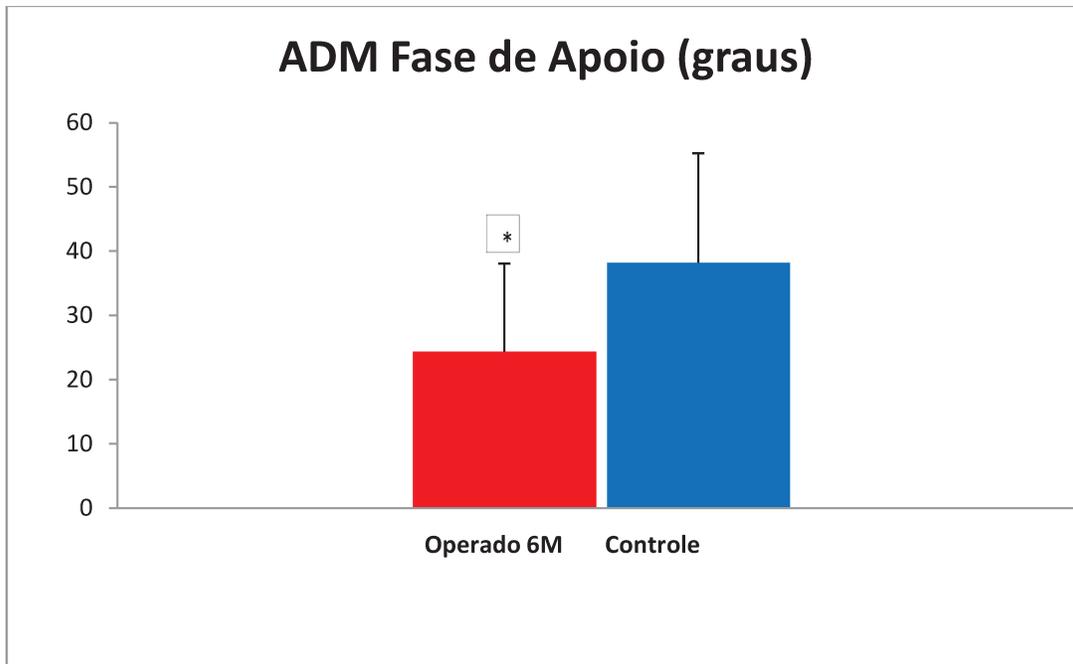


Figura 25. Amplitude de movimento do tornozelo na fase de apoio. Comparação do subgrupo Operado 6M com grupo Controle. * $p < 0,05$.

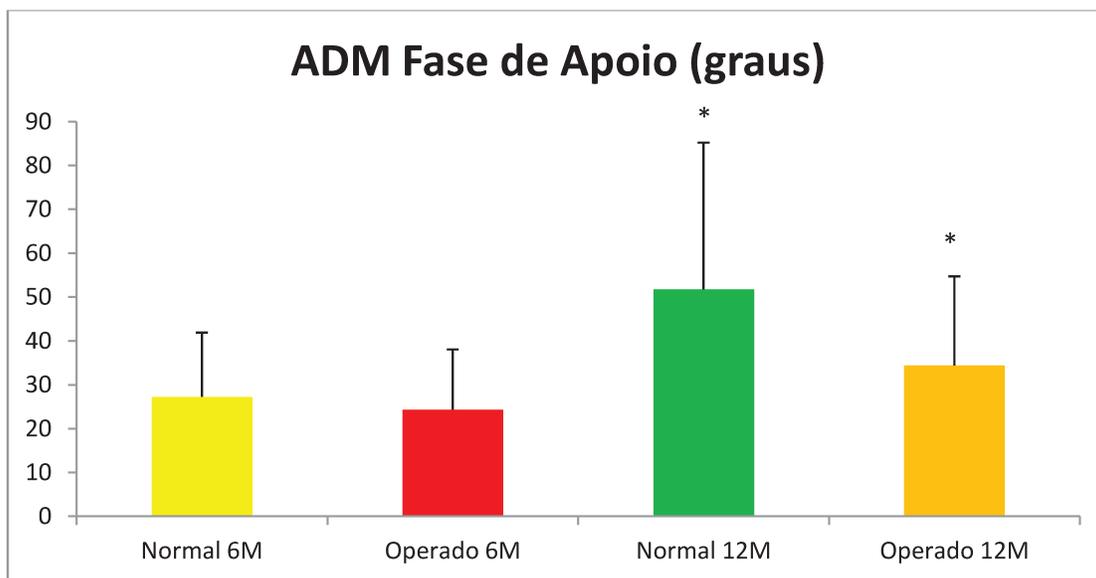


Figura 26. Efeito de tempo entre os subgrupos da amplitude de movimento do tornozelo na fase de apoio. * $p < 0,05$.

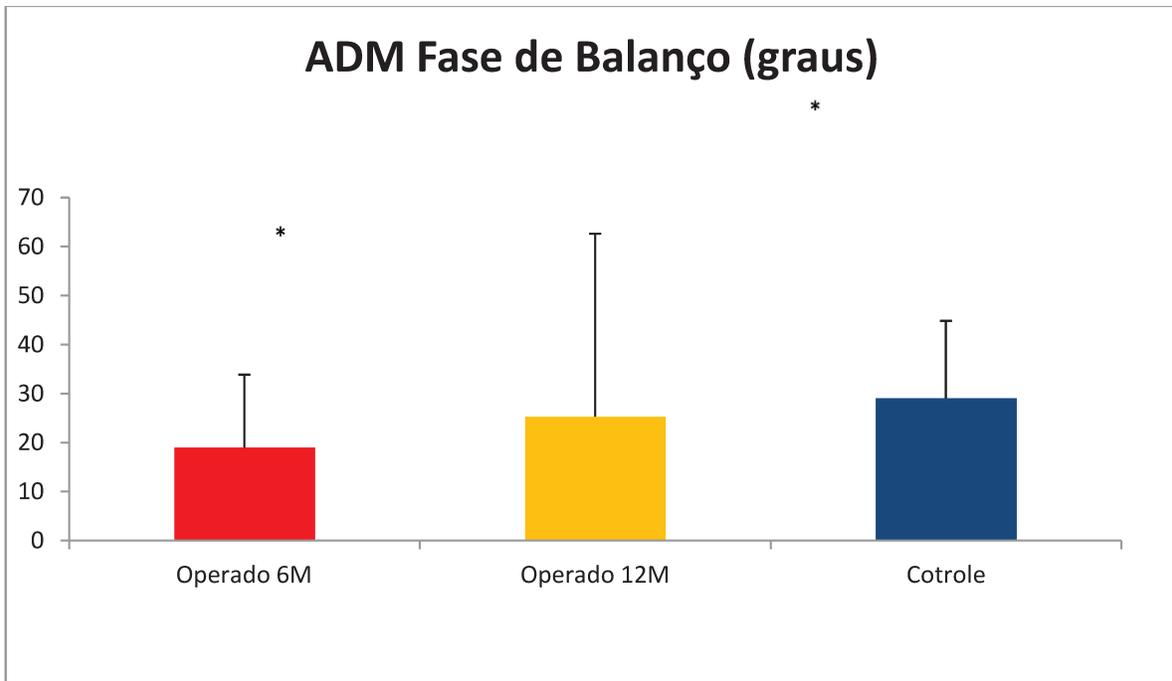


Figura 27. Amplitude de movimento do tornozelo na fase de balanço. Comparação dos subgrupos Operado 6M e Operado 12M com grupo Controle. * $p < 0,05$.

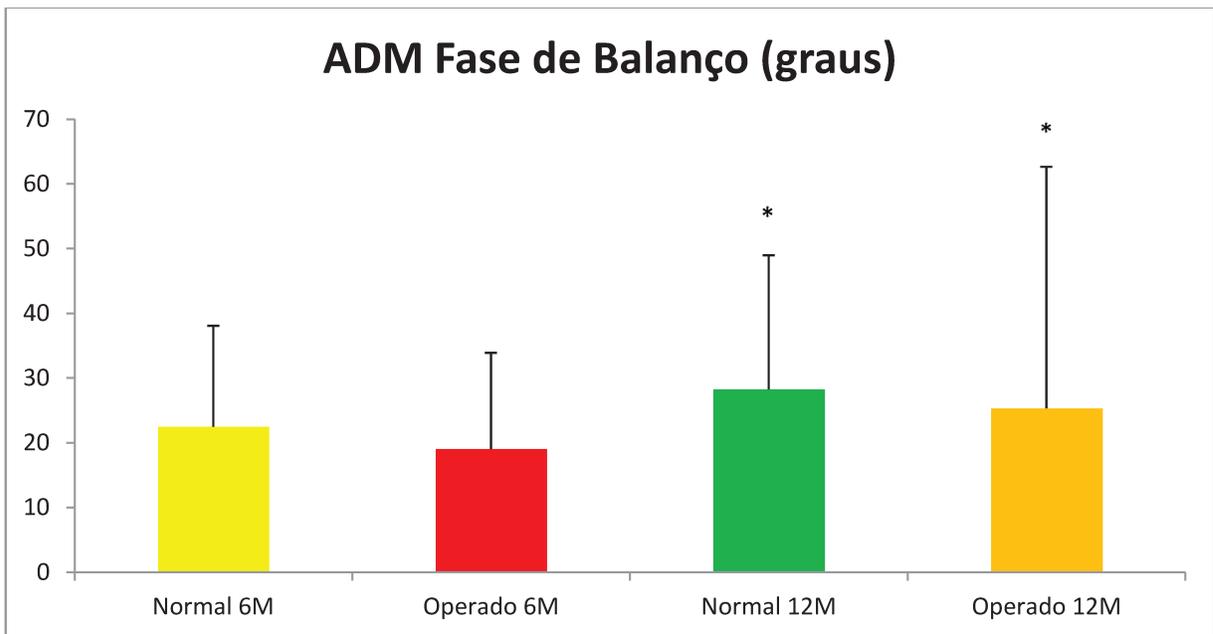


Figura 28. Efeito de lado entre os subgrupos da amplitude de movimento do tornozelo na fase de balanço * $p < 0,05$.

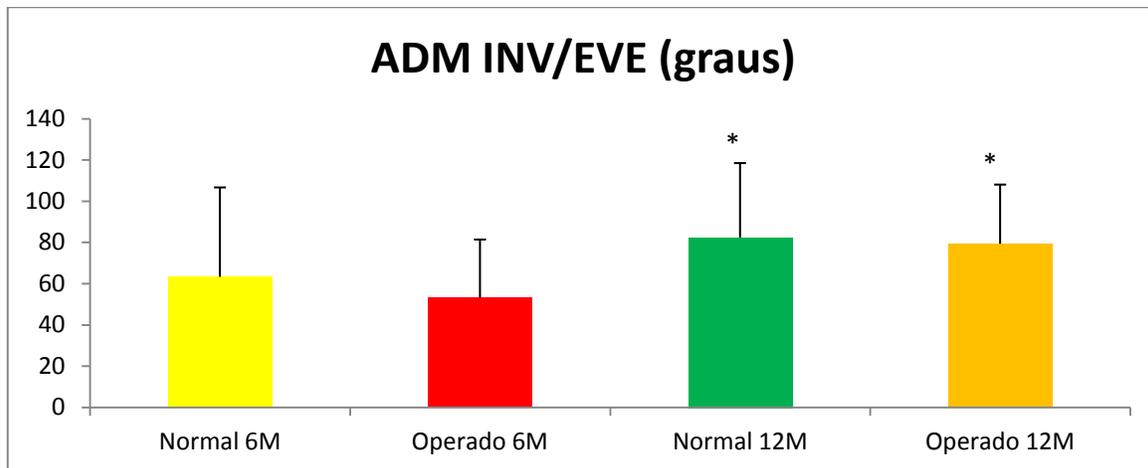


Figura 29. Efeito de tempo entre os subgrupos da amplitude de movimento de inversão e eversão do tornozelo. * $p < 0,05$.

5.4 Parâmetros cinéticos

Na tabela 8 encontram-se os dados cinéticos da pesquisa. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos estudados.

Tabela 8. Dados cinéticos do tornozelo: momento no choque do calcâneo, flexor plantar máximo, pré-balanço e porcentagem do momento flexor plantar máximo

| Variáveis | Pé Operado 6M | Pé Normal 6M | Pé Operado 12M | Pé Normal 12M | Controle |
|---------------------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|-------------|
| | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP | Média/DP |
| Momento choque do calcâneo (Nm/kg) | 0.11/0.15 | 0.10/0.16 | 0.01/0.21 | 0.02/0.28 | 0.06/0.17 |
| Momento flexor plantar máximo (Nm/kg) | 1.11/0.53 | 1.37/0.49 | 1.14/0.49 | 1.40/1.07 | 1.82/3.08 |
| % Momento flexor plantar máximo | 19.56/12.25 | 13.41/9.43 | 24.90/23.45 | 21.90/18.18 | 19.33/14.54 |
| Momento pré-balanço (Nm/kg) | -0.09/0.26 | -0.16/0.40 | -0.21/0.35 | 0.03/0.66 | -0.10/0.20 |

Abreviaturas: DP: desvio padrão

5.5 Questionário de função AOFAS

Para a comparação da pontuação do questionário de função AOFAS entre os tempos no grupo Paciente foi utilizado o Teste de Wilcoxon pareado. Observou-se diferença significativa ($p=0,0215$) entre seis e doze meses de pós-operatório, indicando melhora da função da articulação do tornozelo em diferentes atividades da vida diária como mostrado na figura 30.

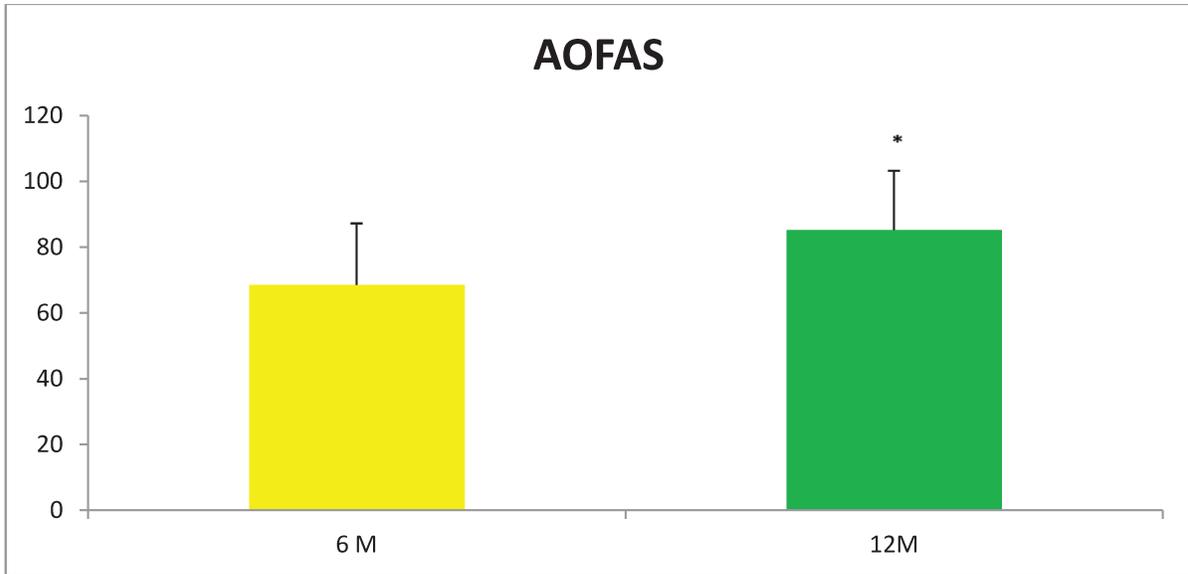


Figura 30. Questionário de função AOFAS aplicado ao grupo Paciente, 6 e 12 meses de pós-operatório. * $p < 0,05$.

6. DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi avaliar a cinética e cinemática da articulação do tornozelo em pacientes submetidos à reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo. Cavanagh PR. et al (42) demonstraram pequena relação entre análise estática da estrutura do pé e sua função em movimentos com descarga de peso como, por exemplo, durante o ciclo da marcha. Métodos dinâmicos de avaliação da função do pé e tornozelo, como análise da marcha, são necessárias para avaliar a natureza e nível de impacto sobre essas estruturas. Modelos multissegmentares de análise do pé têm sido propostos, entretanto não há consenso na literatura de como o pé deva ser subdividido para avaliação. A configuração dos segmentos do pé escolhida é crucialmente importante desde que isso determine quais articulações serão avaliadas (6). O modelo OFM (Oxford Foot Model) comumente utilizado na análise de marcha de indivíduos saudáveis e patológicos apresenta forte confiabilidade em adultos e crianças, além de fácil interpretação. Entretanto não avalia dados cinéticos do pé e tornozelo (6).

Estudos biomecânicos após o reparo do tendão do calcâneo descrevem a função isolada do tendão, como o comportamento da unidade dos músculos responsáveis pela flexão plantar (39), circunferência da panturrilha (39), pico de torque (38) e o desempenho ao subir na ponta do pé (38). Poucos estudos com dados cinéticos e cinemáticos após o reparo do tendão estão disponíveis e são relacionados, em sua maioria, à outra técnica de reconstrução. Naim F. et al (16) analisaram a marcha e a força muscular isocinética de 15 pacientes com ruptura de tendão do calcâneo operados através de duas técnicas de reconstrução: Bosworth e Lindholm (16). Embora não tenham mostrado diferença significativa no pico de torque de flexão plantar e amplitude de movimento do tornozelo na fase de apoio e de balanço, comparando lado operado ao lado não operado, os autores

utilizaram duas técnicas cirúrgicas diferentes, dificultando a comparação com os dados do presente estudo. Além disso, não foram disponibilizadas tabelas com os resultados obtidos para cada situação.

O presente estudo observou aumento na amplitude de movimento de ambos os tornozelos, que ocorreu entre seis e doze meses após cirurgia. Isso pode estar relacionado à redução de edema local e consequente melhora da atividade mecanoceptora e resposta sensório-motora e, no caso do pé não operado, melhora na distribuição de descarga de peso e adaptação a cirurgia ao longo do tempo. Durante a fase de balanço, os subgrupos pé Operado 6M e 12M evoluíram com menor amplitude de movimento que o tornozelo dos subgrupos pé Normal 6M e 12M nos dois períodos analisados. As amplitudes de movimento dos tornozelos operados em nenhum momento foram maiores que as encontradas nos tornozelos de indivíduos saudáveis, caso contrário seria motivo de grande preocupação para os ortopedistas, pois poderia significar excesso de alongamento do tendão reconstruído ou até mesmo ineficácia do enxerto utilizado.

Hahn F. et al (5) não encontraram assimetria clínica na marcha de 13 indivíduos submetidos à reconstrução do tendão do calcâneo com transferência e reforço do músculo flexor longo do hálux (FLH). A baropodometria feita nesse estudo mostrou a transferência de peso do primeiro artelho para a cabeça dos quatro últimos metatarsais dos membros operados na fase de impulso (5). Embora os autores não tenham coletado dados cinéticos e cinemáticos, o estudo mostra importante alteração no padrão da marcha, uma vez que o flexor longo do hálux é o mais importante músculo da fase de impulso. Essa transferência

de peso poderá trazer consequências ao complexo lateral do pé e tornozelo ao longo do tempo como entorses em inversão. O sítio doador distante é uma vantagem que a reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo apresenta, pois a biomecânica do tornozelo foi alterada somente pela ruptura do tendão e sua reconstrução. O subgrupo pé Normal 6M apresentou diferença significativa quando comparado ao grupo Controle em relação à porcentagem da fase de apoio, ou seja, o pé normal do paciente ficou mais tempo apoiado no solo durante o ciclo da marcha. A provável causa desse aumento pode ter sido a intenção de proteção feita pelo paciente em relação ao pé operado, principalmente nos primeiros seis meses de pós-operatório, uma vez que esse aumento não foi observado na segunda coleta feita aos doze meses após o procedimento.

Wegrzyn J. et al (22) utilizaram o questionário de função AOFAS em 11 pacientes com ruptura de tendão do calcâneo operados através da técnica de transferência modificada do músculo FLH. Demonstraram melhora de 64 para 98 pontos em seis anos de seguimento, mas todos os pacientes apresentaram diminuição na amplitude de movimento ativa da articulação interfalangeana do primeiro raio sem subsequente hiperextensão. Entretanto nenhum paciente se queixou de fraqueza funcional no hálux durante atividades físicas ou cotidianas (22). Mahajan et al (40) demonstraram 88 pontos no questionário de função AOFAS em 36 pacientes operados através da transferência do músculo FLH no mesmo período de seguimento do presente estudo, que obteve 85 pontos em 13 pacientes. El Shewy MT et al (3) aplicaram o questionário AOFAS em 11 pacientes também após seis

anos de seguimento, porém com técnica que utilizou duas porções intratendíneas do complexo gastrocnêmio-solear.

Ozkaya U. et al (48) estudaram 25 pacientes submetidos à reconstrução do tendão do calcâneo por técnica minimamente invasiva. Os participantes foram acompanhados por 34 meses de seguimento através do questionário de função AOFAS, amplitude do tornozelo, circunferência da panturrilha e tornozelo do membro operado e contralateral, além do tempo de retorno às atividades de trabalho e esportivas. Os pacientes atingiram 93 pontos no questionário AOFAS, flexão plantar de 49,68 graus e dorsiflexão de 20,2 graus.

Ji JH et al. (7) e Maffulli N. et al. (11) descreveram o procedimento de reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo pela primeira vez na literatura, porém, nenhum desses estudos foram analisados biomecanicamente. Em 2011 Sarzaem et al (20) demonstraram aumento de 22 pontos (70 para 92) no AOFAS em 11 pacientes submetidos à mesma técnica cirúrgica utilizada no presente estudo. Amplitude de movimento em dorsiflexão foi considerada limitada pelos autores com média de treze graus (± 4) no lado operado em comparação com indivíduos normais que atingiram dezessete graus (± 4). Todos os pacientes estavam aptos a subir na ponta do pé do membro operado. Infelizmente o estudo não avaliou a marcha dos participantes.

Don R. et al (41) avaliaram 49 adultos jovens que sofreram ruptura completa do tendão do calcâneo durante atividades esportivas recreacionais. Todos os pacientes foram operados através da sutura de Kessler e reavaliados após três, seis, doze e vinte e quatro meses do procedimento cirúrgico. Nos dados espaço-temporais os autores observaram valores significativamente mais baixos no lado operado que o lado não-operado no que se referia ao comprimento do passo em três, seis e doze meses de seguimento. No presente estudo não houve diferença estatística entre os membros relacionados ao comprimento do passo. Por outro lado, os tamanhos das amostras são diferentes, o que dificulta comparações entre os dois estudos. Observou-se no presente estudo que o grupo Controle foi mais rápido que o grupo Paciente pelas variáveis de velocidade, cadência e comprimento de passo. Ainda no presente estudo os movimentos de inversão e eversão que envolvem a articulação subtalar mostraram aumento significante entre os períodos analisados (efeito de tempo). Isso corrobora com o que foi encontrado no questionário de função AOFAS, que apontou aumento da mobilidade no plano frontal.

Embora não se tenha observado diferença estatística entre os grupos do presente estudo nos dados cinéticos, os números apresentam grande diferença quando analisados caso a caso. Assim, verificou-se que os valores numéricos do momento do choque do calcâneo variaram muito entre eles (-0,01 a 0,505). O mesmo ocorreu com o grupo Controle. Neste caso se faz necessário maior número da amostra apresentada.

Não foram encontrados estudos na literatura que avaliaram parâmetros cinéticos em pacientes submetidos a outras técnicas cirúrgicas para reconstrução de ruptura de tendão do calcâneo em condições pós-operatórias.

7. CONCLUSÃO

Os indivíduos normais andam mais rápido que indivíduos submetidos à reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo, mesmo após um ano do procedimento cirúrgico.

Na fase de balanço do ciclo da marcha, a amplitude de movimento do tornozelo no plano sagital do pé não operado é maior que o pé operado. Verificou-se também nesta fase que a amplitude de movimento do tornozelo operado, tanto aos seis quanto aos doze meses de pós-operatório é menor que o tornozelo de indivíduos saudáveis.

Na fase de apoio a amplitude de movimento do tornozelo nos planos frontal e sagital é maior aos doze meses que aos seis meses de pós-operatório. Ainda nesta fase, tornozelo dos indivíduos normais apresenta maior amplitude de movimento que o tornozelo operado dos pacientes após seis meses de pós-operatório.

A função do tornozelo melhorou entre 6 e 12 meses de pós-operatório verificado através do questionário de função AOFAS.

Enfim, a marcha de pacientes com reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo se assemelha a marcha de indivíduos normais, ocasionando poucas alterações biomecânicas da articulação do tornozelo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dhawan V, Spratt KF, Pinzur MS, Baumhauer J, Rudicel S, Saltzman CL. Reliability of AOFAS diabetic foot questionnaire in Charcot arthropathy: stability, internal consistency, and measurable difference. *Foot Ankle Int.* 2005 Sep; 26(9):717-31.

2. Duward BR, Baer GD, Rowe PJ. Marcha. In: *Movimento funcional humano*. Barueri: Manole, 2001: 94-104.

3. El Shewy MT, El Barbary HM, Abdel-Ghani H. Repair of chronic rupture of the achilles tendon using 2 intratendinous flaps from the proximal gastrocnemius-soleus complex. *Am J Sports Med.* 2009 Aug; 37(8):1570-7

4. Gage JR, Deluca PA, Renshaw TS. Gait analysis: principles and applications. *J Bone Joint Surg Am.* 1995; 77: 1607-23.

5. Hahn F, Maiwald C, Horstmann T, Vienne P. Changes in plantar pressure distribution after Achilles tendon augmentation with flexor hallucis longus transfer. *Clin Biomech.* 2008; (23): 109–116.

6. Jenking TR, Anas K, Nichol A. Foot segment kinematics during normal walking using a multisegment model of the foot and ankle complex. *J Biomech Eng.* 2009 Mar;131(3):034504.

7. Ji JH, Kim SJ, Kim YY, Lee YS, Yoon JS. Semitendinosus tendon augmentation for a large defect after Achilles tendon rupture: two cases reports. *Foot Ankle Int.* 2007 Oct; 28(10):1100-3.
8. Khan RJ, Fick D, Keogh A, Crawford J, Brammar T, Parker M. Treatment of acute achilles tendon ruptures. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2005 Oct;87(10):2202-10.
9. Lawrence TM, Davis TR. A biomechanical analysis of suture materials and their influence on a four-strand flexor tendon repair. *J Hand Surg Am.* 2005; 30:836–841.
10. Maffulli N, Leadbetter WB. Free gracilis tendon graft in neglected tears of the achilles tendon. *Clin J Sport Med.* 2005;15:56–61.
11. Maffulli N, Longo UG, Gougoulas N, Denaro V. Ipsilateral free semitendinosus tendon graft transfer for reconstruction of chronic tears of the Achilles tendon. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2008; 9:100.
12. Magee DJ. Avaliação da marcha. In: *Avaliação musculoesquelética.* 4 ed. Barueri: Manole, 2005: 697-721.
13. Metz R., Kerkhoffs GMMJ, Verleisdonk EMM, Heijden GJ. Acute Achilles tendon rupture: minimally invasive surgery versus non operative treatment, with immediate full

weight bearing. Design of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2007;8:108.

14. Miskulin M, Miskulin A, Klobucar H, Kuvalja S. Neglected rupture of the Achilles tendon treated with peroneus brevis transfer: a functional assessment of 5 cases. *J Foot Ankle Surg*. 2005; 44:49 -56.

15. Munteanu SE, Barton CJ. Lower limb biomechanics during running in individuals with achilles tendinopathy: a systematic review. *J Foot Ankle Res*. 2011, 4:15.

16. Naim F, Simsek A, Sipahioglu S, Esen E, Çakmak G. Evaluation of surgical results of Achilles tendon ruptures by gait analysis and isokinetic muscle strength measurements. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2005; 39(1):1-6.

17. Neumann, D. A. Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação física. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

18. Rose J, Gamble JG. *Marcha humana*. 2 ed. São Paulo: Editorial Premier; 1993, 364p.

19. Rosenweig S, Azar FM. Open repair of acute achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Clin N Am* 14 (2009): 699-709.

20. Sarzaeem MM, Lemraski MMB, Safdari F. Chronic Achilles tendon rupture reconstruction using a free semitendinosus tendon graft transfer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011 Oct 29.
21. Sebastian H, Datta B, Maffulli N, Neil M, Walsh WR. Mechanical Properties of Reconstructed Achilles Tendon with Transfer of Peroneus Brevis or Flexor Hallucis Longus Tendon. *J Foot Ankle Surg.* 2007;46(6):424-8.
22. Wegrzyn J, Luciani J, Philippot R, Brunet-Guedj E, Moyon B, Besse J. Chronic Achilles tendon rupture reconstruction using a modified flexor hallucis longus transfer. *Int Orthop.* 2010; 34:1187-92.
23. Xie RG, Zhang S, Tang JB, Chen F. Biomechanical studies of 3 different 6-strand flexor tendon repair techniques. *J Hand Surg Am.* 2002; 7:621-7.
24. Baber FA, McGarry JE, Herbert MA, et al. A biomechanical study of Achilles tendon repair augmentation using GraftJacket matrix. *Foot Ankle Int* 2008; 29: 329-33.
25. Abraham E, Pankovich AM. Neglected rupture of the Achilles tendon. Treatment by V-Y tendinous flap. *J Bone Joint Surg Am* 1975;57: 253-5
26. Perry J. Análise da marcha: marcha normal. Barueri: Manole, 2005. 191p.v1.

27. Magee DJ. Avaliação da Marcha. In: Avaliação musculoesquelética. 4 ed. Barueri: Manole, 2005: 697-721.
28. Mandelbaum BR, MyersonMS, Forster R. Achilles tendon ruptures: a new method of repair, early range of motion, and functional rehabilitation. Am J Sports Med 1995;23:392–5
29. Lynn TA. Repair of the torn Achilles tendon, using the plantaris tendon as a reinforcing membrane. J Bone Joint Surg Am 1966;48:268–2
30. Lindholm A. A new method of operation in subcutaneous rupture of the Achilles tendon. Acta Chir Scand 1959;117: 261–70
31. Teuffer AP. Traumatic rupture of the Achilles tendon: reconstruction by transplant and graft using the lateral peroneus brevis. Orthop Clin North Am 1974;5:89–3
32. Den Hartog, B.D., 2003. Flexor hallucis longus transfer for chronic Achilles tendonosis. Foot Ankle Int. 24 (3), 233–237.
33. Azar FM. Distúrbios traumáticos. In: Canale ST, editor. Cirurgia ortopédica de Campbell. 10 ed. Barueri/SP. Manole; 2007. Capítulo 46, Distúrbios traumáticos, p. 2458-67.

34. Azevedo, ERFBM. Análise cinética e cinemática da marcha de indivíduos paraplégicos com e sem órtese de pé e tornozelo [dissertação de mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2011.
35. Carvalho Jr AE, Imamura M. Lesões tendíneas. In: Hebert S et al, editores. Ortopedia e traumatologia: princípios e prática. 3 ed. Porto Alegre. Artmed; 2003. Capítulo 23.2, Lesões tendíneas, p.567-89.
36. Lippert LS. Clinical kinesiology and anatomy. 4 ed. Philadelphia. F.A.Davis Company; 2006.
37. Maffulli N, Almekinders LC, editors. The Achilles tendon. London. Springer-Verlag; 2007.
38. Mullaney MJ, McHugh MP, Tyler TF, Nicholas SJ, Lee SJ. Weakness in end-range plantar flexion after Achilles tendon repair. Am J Sports Med. 2006; 34 (7): 1120-25.
39. Bressel E, McNair PJ. Biomechanical Behavior of the Plantar Flexor Muscle-Tendon Unit after an Achilles Tendon Rupture. Am J Sports Med. 2001; 29(3): 321-25.
40. Mahajan RH, Dalal RB. Flexor hallucis longus tendon transfer for reconstruction of chronically ruptures Achilles tendons. J Orthop Surg. 2009 Aug; 17 (2): 194-198.

41. Don R et al. Relationship between recovery of calf-muscle biomechanical properties and gait pattern following surgery for Achilles tendon rupture. *Clin Biomech.* 2007; 22: 211-220.
42. Cavanagh PR, Morag E, Boulton AJ, Young MJ, Deffner KT, Pammer SE. The Relationship of Static Foot Structure to Dynamic Foot Function. *J Biomech.* 1997; 30(3): 243-50.
43. Silbernagel KG, Willy R, Davis I. Preinjury and postinjury running analysis along with measurements of strength and tendon length in a patient with a surgically repaired Achilles tendon rupture. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012 Jun;42(6):521-9.
44. Garrido IM, Deval JC, Bosch MN, Mediavilla DH, Garcia VP, González MS. Treatment of acute Achilles tendon ruptures with Achillon device: clinical outcomes and kinetic gait analysis. *Foot Ankle Surg.* 2010 Dec;16(4):189-94.
45. Costa ML, Kay D, Donell ST. Gait abnormalities following rupture of the tendo Achillis: a pedobarographic assessment. *J Bone Joint Surg Br.* 2005 Aug;87(8):1085-8.
46. Rudroff T. Functional capability is enhanced with semitendinosus than patellar tendon ACL repair. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Sep;35(9):1486-92.

47. Vairo GL, Myers JB, Sell TC, Fu FH, Harner CD, Lephart SM. Neuromuscular and biomechanical landing performance subsequent to ipsilateral semitendinosus and gracilis autograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008 Jan;16(1):2-14.

48. Ozkaya U, Parmaksizoglu AS, Kabukcuoglu Y, Sokucu S, Basilgan S. 12. Open minimally invasive Achilles tendon repair with early rehabilitation: functional results of 25 consecutive patients. *Injury.* 2009 Jun;40(6):669-72.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE FUNÇÃO AOFAS

AOFAS Score, 1994 - TORNOZELO E RETROPÉ

DOR: 40 pontos

- * nenhuma40 pontos
- * leve, ocasional30 pontos
- * moderada, diariamente20 pontos
- * grave, sempre presente0 ponto

FUNÇÃO: 50 pontos

A. Atividade:

- * sem limitação, sem suporte.....10 pontos
- * limitação recreacional, não usa bengala7 pontos
- * limitação recreacional, usa bengala4 pontos
- * limitação acentuada , usa andador, muletas, cadeira rodas0 ponto

B. Distância caminhada:

- * superior a 6 quarteirões5 pontos
- * 4-6 quarteirões 4 pontos
- * 1-3 quarteirões 2 pontos
- * inferior a 1 quarteirão0 ponto

C. Capacidade para caminhar em diferentes superfícies:

- * sem dificuldade em qualquer terreno5 pontos
- * alguma dificuldade em terrenos irregulares, inclinados e escadas3 pontos
- * bastante dificuldade em terrenos irregulares inclinados e escadas.....0 ponto

D. Anormalidade na marcha:

- * nenhuma ou discreta.....8 pontos
- * moderada e óbvia.....4 pontos
- * grave e marcante.....0 ponto

E. Amplitude de movimentação sagital (flexo-extensão):

- * normal ou pequena restrição (30 graus ou mais)8 pontos
- * moderada restrição (15 a 29 graus).....4 pontos
- * acentuada restrição (menor que 15 graus).....0 ponto

F. Amplitude de movimentação do retropé (inversão-eversão):

- * normal ou pequena restrição (75%-100%)6 pontos
- * moderada restrição (25%-74%)3 pontos
- * acentuada restrição (menor que 25%)0 ponto

G. Estabilidade do tornozelo-retropé (anteroposterior e varo-valgo):

- * estável8 pontos
- * instável0 ponto

ALINHAMENTO: 10 pontos

- * bom, pé plantígrado bom alinhamento tornozelo-retropé10 pontos

- * regular, pé plantígrado, moderado desalinhamento, assintomático5 pontos
- * ruim, pé não plantígrado, acentuado desalinhamento, sintomático0 ponto

ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

“Análise cinética e cinemática da articulação do tornozelo após reconstrução do tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão semitendíneo”

Mestranda: Carolina Lins Henrique Alves

Orientador: Alberto Cliquet Junior

CEP/Protocolo: 597/2009

Local do desenvolvimento do projeto: Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor, HC/UNICAMP, Campinas, São Paulo.

Eu, _____, portador do RG n° _____, HC n° _____ - _____, residente Rua _____, n° _____

Bairro _____, nascido aos ____/____/____, declaro que consenti com a minha participação na pesquisa para avaliação da marcha em pacientes operados pós - ruptura de tendão do calcâneo pela técnica de enxerto de tendão do músculo do joelho do mesmo lado para a reconstrução do tendão lesado no calcanhar. A pesquisa será de responsabilidade da fisioterapeuta Carolina Lins Henrique Alves e do Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior. Fui devidamente informado (a) sobre o seguinte:

1º) A avaliação será realizada no Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor após completar 6 e 12 meses de cirurgia ,

2º) Responderei a um questionário funcional do pé e tornozelo AOFAS (Anexo I),

3º) Esclarecimentos sobre a pesquisa estarão à minha disposição antes e durante todo o andamento da mesma. Telefone para contato Ortopedia: (19) 3788-7512 e Comitê de Ética em Pesquisa da FCM / UNICAMP: (19) 3788-8936

4º) Estou ciente de que as despesas decorrentes da participação na pesquisa são de minha inteira responsabilidade,

5º) Poderei, a qualquer momento, sair da pesquisa, sem que isso venha a prejudicar-me nos demais atendimentos do HC/UNICAMP, porém, estou ciente também que no caso de falta ou desistência do teste estarei prejudicando o andamento da pesquisa. Terei o direito de perguntar e responder a quaisquer investigações relativas ao estudo,

6º) Estou ciente que há benefícios por eu estar participando deste projeto de pesquisa. Poderei também me beneficiar com as vantagens de estar fazendo parte de um programa de reabilitação bem como com as informações obtidas nos resultados da pesquisa,

7º) Estou ciente que todas informações obtidas durante o estudo permanecerão confidenciais, de acordo com a lei. Os investigadores principais serão as únicas pessoas que manterão informações sobre o assunto. Por fim, comprometo-me a informar a equipe sobre todo e qualquer acontecimento relacionado à cirurgia feita.

Campinas, ____ de _____ de _____

Assinatura do paciente

Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior

Ft. Carolina Lins Henrique Alves

ANEXO 3 – PROTOCOLO DE REABILITAÇÃO



DOT
Departamento de Ortopedia e Traumatologia
Grupo de Cirurgia de Pé e Tornozelo

Protocolo de reabilitação de pacientes pós-operados de rupturas de tendão do calcâneo através de enxerto livre do tendão do músculo semitendíneo

I) Primeira Semana

- Imobilização com tala gessada sobre enfaixamento elástico
- mobilizar o joelho em flexo-extensão sentado
- mobilizar os dedos
- Nenhuma descarga de peso
- Muletas axilares

II) Segunda Semana

- *Robofoot®* : o paciente já poderá fazer descarga parcial de peso após orientação
- mobilizar o joelho em flexo-extensão sentado
- mobilizar os dedos
- Muletas axilares
- Treino de marcha com toque do calcanhar primeiro ao solo

III) Terceira Semana

- *Robofoot®*
- Descarga de peso parcial com apoio de uma muleta axilar no lado contralateral à lesão

- Sentado na cadeira, paciente deve colocar uma toalha de rosto no chão de piso frio e arrastar o pé no chão, realizando movimentos de flexo-extensão do joelho e, conseqüentemente, dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo: 20x, 5x ao dia
- Leve alongamento do tendão de Aquiles com faixa: 5x 30s, 5x ao dia
- Exercício ativo-livre em dorsiflexão e flexão plantar, 20x, 5x ao dia
- Fortalecimento de joelho (elevação perna estendida): 3x10 repetições cada, 5x ao dia
- Crioterapia 20 minutos 5x ao dia
- Treino de marcha com toque do calcanhar primeiro ao solo

IV) Quarta Semana

- retirada da muleta axilar e uso de muleta canadense somente no lado contralateral à lesão
- Alongamento de tríceps sural com faixa: 5x30s, 5x ao dia
- Fortalecimento de joelho (elevação com perna estendida): 4x10 repetições cada, 5x ao dia
- Sentado na cadeira, paciente deve colocar uma toalha de rosto no chão de piso frio e arrastar o pé no chão, realizando movimentos de flexo-extensão do joelho e, conseqüentemente, dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo: 20x, 5x ao dia
 - Exercício ativo-resistido de flexão plantar com ajuda de almofada contra parede. O paciente deverá empurrar a almofada contra a parede. 3x10 repetições, 5x ao dia
 - Segurando em uma barra de ferro o paciente deverá realizar 5x ao dia
 - A) Pés paralelos, flexionar os joelhos, forçando a dorsiflexão do tornozelo 3x10 repetições.
 - B) Pés paralelos e joelhos esticados, levantar a ponta dos pés, também forçando a dorsiflexão do tornozelo 3x 10 repetições
 - C) Marchar no lugar, flexionando quadril e tornozelo à 90° 3x10 repetições
- Treino de marcha com toque do calcanhar primeiro ao solo
- Crioterapia 20 minutos 5x ao dia

V) Quinta Semana

- Retirada do *Robofoot*®
- Alongamento de tríceps sural com faixa: 6x30s , 5x ao dia
- Fortalecimento de joelho (elevação com perna estendida): 4x20 repetições cada, 5x ao dia
- Exercício ativo-resistido de flexão plantar com ajuda de almofada contra parede. O paciente deverá empurrar a almofada contra a parede. 4x15 repetições, 5x ao dia
- Segurando em uma barra de ferro o paciente deverá realizar 5x ao dia
 - A) Pés paralelos, flexionar os joelhos, forçando a dorsiflexão do tornozelo 4x15 repetições.

- B) Pés paralelos e joelhos esticados, levantar a ponta dos pés, também forçando a dorsiflexão do tornozelo 4x15 repetições
- Marchar, flexionando quadril e joelho à 90°, apoiando-se somente na bengala canadense do lado contralateral à lesão, por 5 minutos, 5x ao dia
 - Crioterapia 20 minutos 5x ao dia

[VI\) Sexta Semana](#)

Repetir a quinta semana

[VII\) Sétima Semana](#)

- Retirada da muleta canadense
- Alongamento de tríceps sural com faixa: 6x30s , 5x ao dia
- Fortalecimento de joelho (elevação com perna estendida): 4x20 repetições cada, 5x ao dia
- Caminhar na ponta dos pés, ida e volta, contando 40 passos, 5x ao dia
- Caminhar no calcanhar, ida e volta, contando 40 passos, 5x ao dia
- Segurando em uma barra de ferro o paciente deverá realizar 5x ao dia:
 - A) Pés paralelos, flexionar os joelhos, forçando a dorsiflexão do tornozelo 5x15 repetições.
 - B) Pés paralelos e joelhos esticados, levantar a ponta dos pés, também forçando a dorsiflexão do tornozelo 5x15 repetições
 - C) Pés paralelos e joelhos esticados, subir na ponta dos pés, forçando a flexão plantar, 5x 15 repetições
- Treino de equilíbrio, somente com o pé operado ao solo, 5x de 1 minuto, 5x ao dia
- Marchar, sem apoio de muleta canadense, flexionando o quadril, joelho e tornozelo à 90°, 50 passos, 5x ao dia
- Crioterapia (gelo) 20 minutos, 5x ao dia

[VIII\) Oitava Semana](#)

Repetir a sétima semana

[IX\) Nona Semana](#)

- Alongamento de tríceps sural com faixa: 6x30s , 5x ao dia
- Fortalecimento de joelho (elevação com perna estendida): 5x20 repetições cada, 5x ao dia
- Caminhar na ponta dos pés, ida e volta, contando 70 passos, 5x ao dia

- Caminhar no calcanhar, ida e volta, contando 70 passos, 5x ao dia
- Segurando em uma barra de ferro o paciente deverá realizar 5x ao dia
- A) Pés paralelos, flexionar os joelhos, forçando a dorsiflexão do tornozelo 5x15 repetições.
- B) Pés paralelos e joelhos esticados, levantar a ponta dos pés, também forçando a dorsiflexão do tornozelo 5x15 repetições
- C) Pés paralelos e joelhos esticados, subir na ponta dos pés, forçando a flexão plantar, 5x 15 repetições
- Treino de equilíbrio, somente com o pé operado ao solo, e jogando uma bola de tênis na parede, 5x de 1 minuto, 5x ao dia
- Trotar de lado, contando 10 pulos para a direita e 10 pulos para a esquerda. Repetir três vezes, 5x ao dia
- Correr no lugar por 2 minutos, 5x ao dia
- Crioterapia (gelo) 20 minutos, 5x ao dia

X) Décima Semana

Repetir a nona semana e retornar ao ambulatório para reavaliação e preparar para o teste de marcha que será realizado 6 e 12 meses após a cirurgia

ANEXO 4 – CARTA DE ACEITE DO ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA ARTIFICIAL ORGANS

Assunto: Accepted for Publication Artificial Organs - Manuscript AO-00159-2012.R1

De: artiforgs@aol.com

Data: Ter, Agosto 28, 2012 10:02 am

Para: carolins@fcm.unicamp.br ([mais](#))

Prioridade: Normal

Opções: [Ver cabeçalho completo](#) | [Ver Versão para Impressão](#) | [Baixar como um arquivo](#) | [View Message Details](#)

Dear Mrs. Lins:

I am pleased to inform you that your manuscript, AO-00159-2012.R1, "KINETIC AND KINEMATIC EVALUATION OF THE ANKLE JOINT AFTER ACHILLES TENDON RECONSTRUCTION WITH FREE SEMITENDINOSUS TENDON GRAFT: PRELIMINARY RESULTS "

has been accepted for Main Text publication and upon receipt of your signed copyright release form will appear in the March 2013 issue. We thank you for your contribution. As a published author in Artificial Organs and expert in the field we welcome you and your coauthors to become reviewers for our journal.

Please send a signed Copyright Assignment Form by Fax/Email as soon as possible.

Also, if you have color figures, please fill out the attached color charge form and submit it as listed on the form.

Please keep in mind that in order to encourage authors to be concise, we now have a page charge for Main Text papers exceeding 10 journal pages (~30 double-spaced typed pages, count tables and figures as 1 page each). Please see Author's Instructions for details or contact the Editorial Office.

We thank you for your interest in Artificial Organs and look forward to receiving future manuscripts from you.

For information for ordering reprints and advertising, please go to the instructions and forms area (upper right hand corner) of the website.

Sincerely,

Paul S. Malchesky, D.Eng.
Editor-in-Chief