

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Tratamento da Rotura Crónica do Tendão de Aquiles

Karim Doughmane Barros

M

2019



U. PORTO



INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR
UNIVERSIDADE DO PORTO

Artigo de Revisão Bibliográfica

Mestrado Integrado em Medicina

Tratamento da Rotura Crónica do Tendão de Aquiles

Estudante

Karim Miguel Doughmane Barros

6º ano do Mestrado Integrado em Medicina do ICBAS-CHP

N.º de aluno: 201001278

Correio eletrónico: karim.mdb@gmail.com

Orientador

Manuel André dos Santos Gomes

Assistente Graduado Sénior de Ortopedia do Centro Hospitalar do Porto

Professor Catedrático convidado do ICBAS-CHP

Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar

Universidade do Porto

Rua de Jorge Viterbo Ferreira, n.º 228, 4050-313 Porto, Portugal

Porto, Maio de 2019

U. PORTO



INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR
UNIVERSIDADE DO PORTO

Artigo de Revisão Bibliográfica

Mestrado Integrado em Medicina

Tratamento da Rotura Crónica do Tendão de Aquiles

Assinatura do estudante

Karim Niguel Douglmann Barros

Assinatura do orientador

Manuel André dos Santos Gomes

Agradecimentos

Expresso o meu agradecimento ao Professor Doutor André Gomes, orientador da tese, por ter aceite fazer parte deste projeto e por toda a confiança transmitida desde o primeiro momento. Por todos os esclarecimentos prestados, críticas e conselhos.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos, pelo apoio incondicional ao longo do meu percurso académico. Pela presença constante e por me manterem sempre prudente nos momentos mais adversos.

Resumo

Introdução – O tendão de Aquiles é o mais forte e o mais comprido de todos os tendões do corpo humano, no entanto, é a estrutura tendinosa do membro inferior que mais frequentemente sofre rotura. As roturas crónicas do tendão de Aquiles são responsáveis por uma considerável morbidade funcional para o doente e representam um desafio para o médico. Qualquer que seja a faixa etária, tanto para a população fisicamente ativa, como para a sedentária, a consequente disfunção pode ter um impacto negativo significativo na qualidade de vida. Assim, a abordagem envolve a reparação do espaço que o atraso de tratamento originou, para que a função do tendão seja recuperada.

Objetivos – Pretende-se com esta revisão bibliográfica fazer um levantamento dos métodos de tratamento mais eficazes e vantajosos para o tratamento da rotura crónica do tendão de Aquiles.

Desenvolvimento – A escolha da melhor abordagem depende da cronicidade, do tamanho do *gap*, da qualidade do tecido remanescente, da vascularização, da localização da rotura e de fatores específicos do doente. O tratamento conservador é considerado nos doentes sem défices funcionais de relevo ou com significativas comorbilidades médicas. A intervenção cirúrgica implica reconstruir o comprimento e a tensão do tendão. De um modo geral, a reparação primária é uma opção em casos de rotura com retração inferior a 2 cm, ou em situações em que ocorra alongamento do tendão. A plastia de deslizamento do tendão de Aquiles é uma técnica cirúrgica frequentemente usada, por vezes em combinação com plastia em V-Y ou com outra técnica de aumento ou reconstrução. A transferência do tendão do flexor longo do hallux ou do tendão curto peroneal, assim como a reconstrução com enxerto, são opções adotadas no tratamento cirúrgico das roturas crónicas com *gap* de elevada dimensão.

Conclusão – De maneira a atingir os melhores resultados possíveis, o tratamento cirúrgico é recomendado para a maioria das roturas crónicas do tendão de Aquiles. Quanto a este procedimento, há um amplo espectro de técnicas usadas para tratamento das roturas crónicas, que podem variar desde um simples desbridamento do tendão e reparação primária, até uma transferência de tendão e adição de enxertos. Embora tenham sido descritas várias técnicas de reconstrução do tendão de Aquiles, a superioridade de uma técnica em relação à outra ainda não foi demonstrada.

Palavras-chave

Tendão de Aquiles; Rotura Crónica; Tratamento; Reparação Primária; Plastia de Deslizamento; Plastia em V-Y; Transferência de Tendão; Reconstrução com enxerto.

Abstract

Introduction – The Achilles tendon is the strongest and longest of all tendons in the human body, yet it is the tendon structure of the lower limb that most often breaks. Chronic Achilles tendon ruptures are responsible for considerable functional morbidity for the patient and pose a challenge to the physician. Whatever the age group, the resulting dysfunction can have a significant negative impact on quality of life for both the physically active and also the sedentary population. Thus, the approach involves repairing the space that the treatment delay originated, so that the function of the tendon is recovered.

Objectives – This literature review intends to survey the most effective and advantageous treatment methods for the treatment of chronic Achilles tendon rupture.

Development – The choice of the best approach depends on the chronicity, the size of the gap, the quality of the remaining tissue, the vascularization, the location of the rupture, and the specific factors of the patient. Conservative treatment is considered in patients with no functional deficits or with significant medical comorbidities. Surgical intervention involves reconstructing the length and tension of the tendon. In general, primary repair is an option in cases of rupture with retraction of less than 2 cm, or in situations where the tendon elongation occurs. Turndown flap is a frequently used surgical technique, sometimes in combination with V-Y plasty or other augmentation or reconstruction technique. The transfer of the flexor tendon of the hallucis longus or the peroneus brevis tendon, as well as the graft reconstruction, are options adopted in the surgical treatment of large gap ruptures.

Conclusion – In order to achieve the best possible results, surgical treatment is recommended for most chronic Achilles tendon ruptures. In the field of surgical procedure, there is a broad spectrum of techniques used to treat chronic ruptures, ranging from simple debridement of the tendon and primary repair to a tendon transfer and addition of grafts. Although several techniques for reconstructing the Achilles tendon have been described, the superiority of one technique over another has not yet been demonstrated.

Keywords

Achilles Tendon; Chronic Rupture; Treatment; Primary Repair; Turndown Flap; V-Y Tendon Plasty; Tendon Transfer; Reconstruction Graft.

Lista de abreviaturas

AOFAS – *American Orthopedic Foot & Ankle Society*;

FLH – Flexor Longo do Hallux;

OTP – Ortótese Tornozelo-pé;

RCTA – Rotura Crónica do Tendão de Aquiles;

RMN – Ressonância Magnética Nuclear;

ST – Semitendinoso;

TA – Tendão de Aquiles;

TCP – Tendão do Curto Peroneal;

TVP – Trombose Venosa Profunda.

Índice

Agradecimentos	i
Dedicatória.....	ii
Resumo	iii
Palavras-chave	iii
Abstract.....	iv
Keywords	iv
Lista de abreviaturas.....	v
Índice	vi
Lista de Tabelas.....	vii
Lista de Figuras	viii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos	2
3. Metodologia.....	2
4. Fundamentação teórica	3
4.1 Anatomia	3
4.2 Histologia	3
4.3 Epidemiologia	3
4.4 Etiologia	4
4.5 Mecanismo de lesão	4
5. Diagnóstico	5
5.1 Apresentação clínica.....	5
5.2 Exame físico	5
6. Tratamento conservador	7
7. Tratamento cirúrgico	8
7.1 Reparação primária	9
7.1.1 Reparação primária por sutura direta	9
7.1.2 Técnica de Bosworth	10
7.2 Plastia	10
7.2.1 Plastia em V-Y.....	10
7.2.2 Plastia de deslizamento.....	11
7.3 Transferência tendinosa	12
7.3.1 Transferência tendinosa por via aberta	12
7.3.2 Transferência tendinosa minimamente invasiva.....	14
7.4 Reconstrução com enxerto.....	16
7.4.1 Autoenxerto	16
7.4.2 Aloenxerto.....	17
7.4.3 Xenoenxerto.....	17
7.4.4 Enxerto sintético	18
8. Perspectivas futuras.....	19
9. Conclusão.....	20
Anexos	21
Referências bibliográficas	29

Lista de Tabelas

Tabela I – Técnicas cirúrgicas de tratamento da rotura crónica do tendão de Aquiles.....	9
--	---

Lista de Figuras

Figura 1 – Retração do tendão de Aquiles	21
Figura 2 – Tecido cicatricial no tendão de Aquiles	22
Figura 3 – RMN da rotura de tendão de Aquiles	23
Figura 4 – Transferência do flexor longo do hallux	24
Figura 5 – Enxerto do tendão semitendinoso	25
Figura 6 – Enxerto homolateral do plantar delgado em tripla alça	26
Figura 7 – Aloenxerto do semitendinoso	27
Figura 8 – Enxerto sintético	28

1. Introdução

O tendão de Aquiles (TA) é o mais forte e o mais comprido de todos os tendões do corpo humano.⁽¹⁻⁵⁾ Porém, é a estrutura tendinosa do membro inferior que mais frequentemente sofre rotura.^(6, 7)

O nome do tendão surgiu em honra de Aquiles, uma famosa personagem do poema épico grego da Ilíada, de Homero.^(8, 9) As primeiras referências sobre a rotura do TA foram da autoria de Hipócrates.⁽¹⁰⁾ No entanto, os primeiros estudos sobre esta patologia foram publicados apenas em 1633, por Ambroise Paré.⁽¹⁰⁾ Em 1959, Lagergren e Lindholm, através de estudos angiográficos, descreveram uma possível relação entre a rotura do TA e a hipovascularização tecidual.⁽⁴⁾ Alguns anos depois, em 1978, Parry demonstrou que repetitivos microtraumas resultam em lesões crónicas no tendão que podem ser responsáveis pela sua rotura.⁽⁴⁾

Embora as roturas do TA, geralmente, não suscitem dificuldade no seu diagnóstico, mais de 20% das lesões agudas são diagnosticadas tardiamente.^(1, 2, 11, 12) Após a rotura, alguns doentes atrasam a ida à consulta por sentirem uma diminuição gradual da intensidade da dor.⁽⁵⁾ Assim, as roturas crónicas são mais frequentemente o resultado de uma lesão não diagnosticada ou de uma apresentação tardia do doente à consulta.⁽¹⁾ Apesar de não haver total concordância, muitos autores descrevem a rotura crónica com duração de 4 a 6 semanas a partir do momento da lesão.^(1, 3, 7, 13, 14) Quando há um atraso no tratamento superior a 6 semanas, o termo rotura negligenciada é frequentemente usado para descrever a lesão.⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

As roturas do TA são cada vez mais comuns e aquelas que se apresentam como roturas crónicas são responsáveis por uma considerável morbilidade funcional, representando um desafio para o médico. Qualquer que seja a faixa etária, tanto para a população fisicamente ativa, como para a sedentária, a consequente disfunção pode ter um impacto negativo significativo na qualidade de vida.^(11, 15)

A abordagem à rotura crónica do tendão de Aquiles (RCTA) deve ter como finalidade a recuperação da sua função. Para tal, é essencial a reparação do espaço causado pela retração do tendão e pelo atraso no tratamento, o que torna esta abordagem tecnicamente mais exigente que o tratamento primário das roturas agudas.^(3, 12)

2. Objetivos

O objetivo desta dissertação prende-se com uma revisão da literatura sobre a temática da RCTA e o seu tratamento, avaliando as diferentes abordagens terapêuticas tendo em vista a indicação do método mais vantajoso e apropriado para cada caso.

3. Metodologia

A pesquisa bibliográfica foi realizada entre o dia 1 de setembro de 2018 e o dia 22 de janeiro de 2019, através das plataformas *ScienceDirect* e *PubMed*, utilizando as seguintes palavras-chave: *achilles tendon, chronic rupture, treatment*. Os critérios de inclusão foram artigos na língua inglesa, referentes à temática, completos e publicados nos últimos 5 anos. Cumprindo esta premissa, foram encontrados 75 artigos pelo título, a partir dos quais se selecionaram 53 tendo em conta o abstract.

As figuras utilizadas na presente revisão bibliográfica foram devidamente autorizadas pelos respetivos proprietários dos direitos de autor.

4. Fundamentação teórica

4.1 Anatomia

O TA resulta da contribuição de dois músculos: o gastrocnémio (porção medial e lateral), mais superficial, e o solear, mais profundo.^(1, 17) As aponevroses destes dois músculos formam o tendão, aproximadamente 5 a 6 cm proximalmente à sua inserção.⁽¹⁾ As fibras do TA sofrem rotação no sentido anti-horário, concedendo tensão máxima 2 a 5 cm acima da sua inserção distal.^(1, 13, 17) O TA possui um paratendão altamente vascularizado, composto por tecido conjuntivo flexível, que permite aproximadamente 1,5 cm de deslizamento durante a atividade.⁽¹⁸⁾ O nervo sural cruza o tendão cerca de 11 cm proximalmente à tuberosidade do calcâneo e 5 cm distalmente à junção musculotendinosa, tornando-se vulnerável a lesões iatrogénicas, particularmente com técnicas cirúrgicas minimamente invasivas.⁽¹⁸⁾

A artéria tibial posterior é responsável pelo aporte sanguíneo principal para as porções superior e inferior do TA, enquanto que o suprimento sanguíneo da parte média é predominantemente derivado da artéria peroneal.⁽⁵⁾ O suprimento sanguíneo inadequado para a zona intermédia do TA pode explicar a sua maior predisposição a rotura nessa mesma zona.^(5, 17)

O tríceps sural fornece 93% da força de flexão do tornozelo, constituindo assim o flexor plantar mais forte.⁽¹⁷⁾ Dos outros flexores plantares disponíveis, o flexor longo do hallux (FLH) fornece igualmente força de flexão plantar, embora numa magnitude menor.⁽¹⁾

4.2 Histologia

O TA não é um tecido estático e inerte: a matriz extracelular do tendão é uma estrutura dinâmica constantemente remodelada, com taxas de *turnover* dependentes da carga exercida sobre o tendão.⁽¹⁹⁾ O TA normal é rico em colagénio do tipo I, com propriedades biomecânicas comparativamente superiores ao colagénio do tipo III, que é abundantemente encontrado em áreas tendinosas após processos de cicatrização.^(5, 20) O distúrbio na expressão das metaloproteinases da matriz e dos inibidores teciduais de metaloproteinases parece originar uma perturbação da homeostasia da matriz, constituindo assim uma possível evidência histológica de RCTA.⁽²⁰⁾ Histologicamente, é também possível evidenciar alterações degenerativas, incluindo alterações celulares, fibrosas, vasculares e da proliferação celular, que contribuem para a atrofia muscular patente em grande parte das roturas crónicas do TA.⁽¹⁴⁾

4.3 Epidemiologia

A incidência das roturas crónicas do TA situa-se entre 7 e 37 por cada 100.000 pessoas, por ano.⁽³⁾ A maioria destas lesões ocorre durante a prática desportiva, em homens com idade compreendida

entre os 30 e os 40 anos.^(2, 19) No entanto, a rotura pode surgir em atletas profissionais e amadores com idade inferior a 25 anos.⁽⁴⁾ Uma menor percentagem destas lesões podem ainda surgir em contexto de sedentarismo.⁽²⁾

4.4 Etiologia

As causas de uma RCTA são, muitas vezes, multifatoriais, relacionadas com o uso excessivo combinado com a sobrecarga mecânica e a suscetibilidade do hospedeiro.⁽¹⁸⁾

Constituem fatores de risco internos (condições anatómicas ou doenças sistémicas) o género masculino, a diminuição do suprimento sanguíneo com o avanço da idade e o uso de corticosteróides ou fluoroquinolonas.^(2, 15, 19) A artropatia inflamatória também parece estar relacionada com o aumento do risco de rotura.⁽¹⁵⁾ Suspeita-se ainda que os recetores nucleares das hormonas tiroideias possam estar presentes nos tenócitos, estimulando o crescimento dos mesmos, provocando efeito inibitório na apoptose.⁽¹⁹⁾ Por conseguinte, perante esta hipótese, prevê-se que um quadro de hipotiroidismo cause acumulação de glicosaminoglicanos na matriz extracelular que, por sua vez, possa predispor a tendinopatias e roturas tendinosas.⁽¹⁹⁾

Quanto aos fatores de risco externos, estes incluem exercícios pliométricos de alta intensidade, prática de atividade desportiva em superfícies irregulares e uso de calçado inapropriado.⁽¹⁸⁾

4.5 Mecanismo de lesão

O TA atinge a tensão máxima durante a fase excêntrica da ação musculo-tendinosa, mecanismo frequentemente associado à prática de basquetebol, ténis, squash e futebol.⁽³⁾ Durante a corrida, o tendão pode ser sujeito a cargas até 12,5 vezes o peso corporal.⁽¹⁸⁾ As roturas indiretas, ocorridas durante a prática desportiva, são as mais frequentes, e resultam da associação entre sobrecarga mecânica e degenerescência intratendinosa.⁽²⁰⁾ Quanto à localização, as roturas indiretas ocorrem geralmente na zona compreendida entre 2 a 6 cm da inserção no calcâneo, enquanto que as roturas diretas (traumáticas), menos frequentes, podem afetar qualquer localização do tendão⁽¹³⁾, desde a junção proximal musculo-tendinosa até à inserção óssea do calcâneo.⁽¹⁴⁾

Perante uma rotura aguda do TA, desencadeia-se uma resposta organizada do tecido conjuntivo. Se as extremidades do tendão não estiverem no comprimento de repouso adequado, há um comprometimento da formação do arranjo fascicular normal.⁽¹⁾ Imediatamente após a rotura, se o tratamento não for iniciado de forma conservadora ou cirúrgica, ocorre contração do músculo proximal a uma taxa de aproximadamente 1 cm por semana, e a quantidade de retração observada pode chegar aos 8 cm (figura 1).⁽¹⁵⁾ Cerca de 4 semanas após a lesão, tal como evidenciado na figura 2, forma-se tecido cicatricial de colagénio altamente vascularizado, interposto entre os segmentos

de tendão lesionado.⁽¹¹⁾ Com o evoluir do tempo, este tecido torna-se menos forte e mais alongado que o tendão original.^(11, 14)

A rotura crónica difere da aguda no tamanho, pois há um *gap* que é preenchido por tecido cicatricial, e há infiltração de gordura no músculo, enfraquecendo a funcionalidade do tornozelo e afetando a marcha.⁽²¹⁾ A diminuição da força de flexão, a perturbação da marcha, o alongamento crónico do TA e a contração do tríceps sural levam a uma disfunção da transmissão de energia do complexo músculo-aquileo-calcaneano.^(1, 14, 15)

5. Diagnóstico

5.1 Apresentação clínica

Embora uma rotura aguda do TA possa ser bastante dolorosa, este pode romper-se sem que o doente se aperceba do “estalido” frequentemente associado a esta patologia.^(3, 13, 14) Não sendo a lesão adequadamente valorizada, o doente pode não procurar imediatamente atendimento médico.^(3, 14) Por vezes, o doente pode descrever dificuldade na flexão, edema crónico do tornozelo e na extremidade afetada, resultando em desequilíbrio na marcha,^(1, 11, 13, 14) no entanto, mantém a capacidade de marcha devido à ação dos tendões posteromediais.⁽¹⁵⁾ Na verdade, a contração compensatória dos flexores plantares secundários do tornozelo, incluindo os tendões do curto peroneal, longo peroneal, tibial posterior, flexor longo do hallux (FLH) e flexor longo dos dedos, permanece intacta.^(1, 15)

Nos tendões com patologia degenerativa de base, a rotura espontânea pode não se fazer acompanhar por dor aguda súbita típica, verificando-se apenas um aumento do edema ou instabilidade na marcha, sem história de dor ou trauma.⁽¹¹⁾

Na apresentação de uma rotura crónica, o doente relata uma história de dificuldade em subir e descer escadas, em colocar-se na ponta dos pés, incapacidade de marcha rápida e de executar movimentos que exijam propulsão.^(14, 15) Após a rotura, com o evoluir do tempo, por vezes é referida dor, fadiga, fraqueza e desequilíbrio durante a deambulação prolongada.⁽¹³⁾ No entanto, os flexores plantares secundários do tornozelo fornecem alguma força de flexão plantar e, no cenário de uma RCTA, podem ter uma ação compensatória.^(1, 11)

5.2 Exame físico

O exame físico pode revelar sinais de atrofia ou desgaste do complexo muscular gastrocnémio-solar.^(11, 13) O TA pode perder o seu contorno anatómico normal, podendo evidenciar-se um aumento da espessura do tendão (no caso de extensa formação de tecido fibrótico) ou um *gap*

palpável ao longo do TA.^(1, 11, 13) A formação de tecido fibroso no local da rotura pode tornar esse *gap* menos aparente ou ausente numa RCTA.^(1, 3, 11, 13, 15)

Após a realização da inspeção e palpação, devem realizar-se testes mais específicos para confirmação do diagnóstico, mais precisamente, o teste de Thompson, o teste de Matles, o teste de O'Brien e o teste de Copeland.^(3, 11, 13, 15)

O teste de Thompson avalia a integridade do TA e será geralmente anormal na presença de uma RCTA, podendo ser normal, devido à formação de tecido fibrótico de cicatrização entre as extremidades do tendão rompidas.^(11, 13, 15) Neste teste, o paciente é colocado em decúbito ventral sobre a mesa de exame com o joelho fletido a 90º; os músculos posteriores da perna são comprimidos pelo examinador e, nos casos positivos, por comparação com o membro oposto, é verificado um defeito na flexão plantar.^(3, 11, 13)

No teste de Matles, o paciente é colocado em decúbito ventral, requisitando-se depois a flexão ativa do joelho a 90º.^(3, 11, 13) Durante este movimento, se o pé do lado lesionado cai para a posição neutra ou dorsifletida, é bastante provável a presença de uma rotura do TA.^(3, 11, 13)

O teste de O'Brien consiste na inserção percutânea de uma agulha de calibre 25 na parte proximal da camada muscular posterior do membro inferior.⁽¹³⁾ Seguidamente, o tornozelo é movido passivamente e, se o tendão estiver íntegro durante o movimento de dorsiflexão, a agulha deve mover-se na direção do pé.⁽¹³⁾

No teste de Copeland, o paciente é disposto em decúbito ventral com o joelho fletido a 90º e o tornozelo em flexão plantar.⁽¹³⁾ Seguidamente, coloca-se um esfigmomanómetro em redor do tornozelo insuflado a 100 mmHg, procedendo-se à dorsiflexão passiva do pé.⁽¹³⁾ Se o TA estiver intacto, a pressão deve aumentar aproximadamente até 140 mmHg; se houver uma rotura do TA, verifica-se uma ligeira tremulação na coluna de mercúrio, podendo usar-se o membro inferior contralateral como controlo.⁽¹³⁾

5.3 Exames complementares de diagnóstico

Geralmente o diagnóstico de RCTA pode ser realizado clinicamente, mas os métodos de imagem podem ser bastante úteis para confirmar o diagnóstico e definir o *gap* existente entre as extremidades do tendão, permitindo planejar a abordagem mais adequada.⁽¹⁵⁾

Uma radiografia lateral do tornozelo pode auxiliar no diagnóstico diferencial de uma RCTA^(1, 11), podendo revelar alterações dos limites normais do TA ou do triângulo de Kager.^(1, 11) A avulsão de fragmentos calcificados ou ósseos, a presença de uma deformidade de Haglund e de extensas

calcificações ao longo do tendão, ou na sua inserção no calcâneo, são alterações que podem sugerir tendinopatia prévia que tenha predisposto o tendão ao seu enfraquecimento.^(1, 11)

A ultrassonografia é um método de imagem eficaz pois correlaciona-se bem com os achados histopatológicos, embora seja dependente do operador.^(3, 11, 13) O TA íntegro traduz-se regularmente numa hipocogenicidade entre bandas hiperecogénicas, mas um tendão rompido aparece como uma descontinuidade com ecogenicidade diminuída ou aumentada, dependendo da cronicidade da rotura.^(1, 11)

A ressonância magnética nuclear (RMN) deve ser considerada se a ultrassonografia estiver indisponível ou se a interpretação não for esclarecedora.⁽³⁾ Este exame fornece informações mais abrangentes sobre a morfologia interna do tendão e das estruturas adjacentes, sendo útil na avaliação dos vários estágios de degeneração crónica e na diferenciação entre peritendinites e tendinopatias.⁽³⁾ A imagem ponderada em T2, tal como é demonstrado na figura 3, pode revelar descontinuidade do tendão, desgaste e retração das extremidades do tendão rompido^(1, 11, 13), podendo servir como guia perioperatório para o planeamento cirúrgico.^(3, 15) No entanto, após o desbridamento intraoperatório, o *gap* encontrado pode apresentar dimensões maiores do que inicialmente calculado através da RMN pré-cirúrgica.⁽²²⁾

6. Tratamento conservador

A maioria dos doentes com RCTA necessita de intervenção cirúrgica para readquirir a função prévia à lesão.⁽³⁾ O tratamento conservador destas roturas pode apresentar resultados inferiores ao tratamento cirúrgico⁽²³⁾, porém, pode ser o mais indicado nos doentes com lesões parciais, sem défices funcionais significativos, e que permanecem capazes de executar as atividades habituais da vida diária.⁽¹⁵⁾ Diversos fatores podem contribuir para esta opção, tais como a idade do doente, presença de infeção ativa, nível de atividade, comorbilidades médicas significativas, incluindo diabetes mellitus, neuropatia periférica e doença vascular periférica.⁽¹¹⁾

No tratamento conservador, o uso de uma ortótese de tornozelo-pé (OTP) rígida fornece estabilidade mecânica ao membro inferior afetado, sendo benéfico em alguns doentes.^(1, 3, 15) A OTP pode ajudar na deambulação, embora raramente forneça uma transição suave ao longo das fases da marcha.⁽¹¹⁾ O uso de uma OTP é um método simples e eficaz, que ajuda a reproduzir uma propulsão mais próxima do normal, apesar de não reproduzirem uma marcha completamente fisiológica.⁽¹¹⁾

7. Tratamento cirúrgico

O objetivo do tratamento cirúrgico é restabelecer o comprimento e a tensão do tendão.⁽²⁴⁾

O doente deve ser avaliado e informado acerca dos fatores de risco associados à cirurgia, em especial para trombose venosa profunda (TVP), devendo-se fazer trombopprofilaxia se o doente apresenta história de terapêutica hormonal de substituição ou tabagismo.^(13, 25) Estes doentes têm também um risco aumentado de TVP e/ou embolia pulmonar pós-operatória devido à inflamação crónica e à reduzida mobilidade durante um longo período de tempo.⁽²⁵⁾

Num estudo coorte retrospectivo realizado por Dombrowski et al⁽²⁶⁾, parece haver uma maior incidência de infeção do local cirúrgico em doentes sujeitos a reparação primária do TA, com história de abuso de álcool e/ou drogas, depressão ou psicose.⁽²⁶⁾ Nesse estudo, verificou-se ainda uma associação entre maiores taxas de infeção e reintervenção para desbridamento em doentes com diabetes mellitus, arritmia cardíaca e hipertensão arterial.⁽²⁶⁾

Burrus et al⁽²⁷⁾ obtiveram, após reparação primária, taxas pós-operatórias significativamente superiores de complicações do local cirúrgico, infeção e tromboembolismo venoso, nos doentes com obesidade, em comparação com os doentes não obesos.⁽²⁷⁾ A maioria destas complicações parece dever-se ao baixo suprimento vascular do tecido mole adjacente ao TA e à sua localização relativamente superficial, razão pela qual as infeções não são incomuns e têm consequências mais graves.⁽²⁷⁾

Diversos fatores têm preponderância na escolha do tratamento, tais como a idade, o nível de atividade, a capacidade de recuperação pós-cirúrgica, as comorbilidades e a viabilidade do tecido mole adjacente ao tendão.⁽¹²⁾ No entanto, na maioria dos doentes sujeitos a intervenção cirúrgica, o tamanho do defeito entre as extremidades proximal e distal do TA remanescente determina a estratégia de tratamento.

Em 1990, Kuwada, citado por Buda et al⁽¹²⁾, classifica a rotura em 4 tipos, que servem de guia para o tratamento: tipo 1 – roturas parciais tratadas conservadoramente; tipo 2 – roturas inferiores a 3 cm, reparáveis por sutura topo-a-topo; tipo 3 – roturas maiores que 3 e menores que 6 cm, reparáveis por plastia de deslizamento autólogo ou enxerto sintético; tipo 4 – roturas superiores a 6 cm, reparáveis por ressecção do gastrocnémio, alongamento ou enxerto total de tendão.

Em 1999, Myerson, citado por Kraeutler et al⁽³⁾, descreveu um outro esquema para tratamento cirúrgico desta patologia, com base no tamanho da rotura: tipo 1 – *gap* inferior a 2 cm, reparável por sutura topo-a-topo; tipo 2 – *gap* superior a 2 e inferior a 5 cm, reparável por alongamento por

plastia em V-Y e eventual transferência de tendão; tipo 3 – *gap* superior a 5 cm, reparável por transferência de tendão e eventual alongamento por plastia em V-Y.

Tal como se pode constatar na tabela I, existem diversas técnicas de tratamento cirúrgico para a RCTA. Os resultados relatados nessas várias opções são limitados, principalmente, a relatos e séries de casos, pelo que não há uma técnica cirúrgica clara e previsível.^(24, 28) A maioria dos estudos expressa os seus resultados sob a forma de *scores*, um método clinicamente útil para comparar os resultados de diferentes procedimentos de tratamento.⁽²⁹⁾ A *American Orthopedic Foot & Ankle Society* (AOFAS) desenvolveu 1 sistema de classificação, no qual é relatado, em função de 4 parâmetros, o estado clínico do tornozelo e do pé – numa escala de 0 a 100, 40 pontos caracterizam a dor, 50 a função e 10 o alinhamento. O *Achilles Tendon Total Rupture Score* avalia aspetos de sintomas e atividade física.⁽²⁹⁾

Tabela I – Técnicas cirúrgicas de tratamento da rotura crónica do tendão de Aquiles.

Tratamento	Técnica cirúrgica
Reparação Primária	Reparação primária por sutura direta
	Técnica de Bosworth
Plastia	Plastia em V-Y
	Plastia de deslizamento
Transferência tendinosa	Transferência tendinosa por via aberta
	Transferência tendinosa minimamente invasiva
Reconstrução com enxerto	Autoenxerto
	Aloenxerto
	Xenoenxerto
	Enxerto sintético

7.1 Reparação primária

7.1.1 Reparação primária por sutura direta

A reparação primária por sutura direta é uma opção em casos de rotura com retração inferior a 2 cm, ou em situações em que ocorre alongamento do tendão, resultando numa diminuição da tensão do mesmo, diminuindo a capacidade de marcha.⁽¹⁵⁾ Neste último cenário, a porção degenerada do tendão é removida para reconstruir o comprimento e assegurar a tensão normal, antes de realizar a reparação primária.⁽¹⁵⁾ As aderências envolvendo o tendão e o tríceps sural são removidas para garantir que se possam mover livremente após a reparação. Os doentes podem suportar carga, devendo iniciar um programa de reabilitação funcional com gesso ou bota gessada, até que haja aumento gradual da mobilização.⁽¹⁵⁾

Numa série de casos prospetivos (nível de evidência IV) de 30 doentes com rotura crónica, Yasuda et al⁽²⁴⁾ realizaram a resseção do tecido cicatricial entre as extremidades cicatrizadas do tendão, antes de realizar a reparação direta. A média do *score* AOFAS aumentou de 82,8, no pré-operatório, para 98,1, após o tratamento. No último *follow-up*, nenhum dos doentes apresentou reincidência de rotura nem dificuldades na marcha ou na subida de escadas, e todos, exceto 2, conseguiam fazer elevação do calcanhar afetado apoiados na ponta do pé.

7.1.2 Técnica de Bosworth

Sudhana et Kareti⁽³⁰⁾ realizaram um estudo prospetivo observacional com um *follow-up* médio de 36,4 meses, incidindo sobre 67 doentes submetidos ao tratamento pela técnica de Bosworth. O procedimento consiste em realizar excisão de um retalho de tendão da porção central com 1,5 cm de largura que fica preso proximalmente ao local da rotura. O retalho é invertido distalmente, passa pelo tendão proximal, é ancorado e passa pela extremidade distal do tendão, sendo por fim suturado de volta ao tendão distal. De acordo com o *score* de Leppilahti, foram registados resultados excelentes a bons em 60 doentes (89,5%), resultados razoáveis em 5 doentes e mau resultado em 2 doentes. Não se verificaram complicações de relevo ou recorrência de rotura do TA. A reconstrução com a técnica de Bosworth parece estar associada a bons resultados clínicos e funcionais.⁽³⁰⁾

7.2 Plastia

7.2.1 Plastia em V-Y

A abordagem cirúrgica da plastia em V-Y consiste na remoção do tecido cicatricial, deixando exposto o tendão remanescente saudável. A porção proximal é alvo de incisão em forma de V invertido, com subsequente reparação proximal dos braços do V, que por sua vez apresentam 1,5 a 2 vezes o comprimento do defeito do tendão, criando uma reparação em forma de Y.⁽¹⁵⁾ A reabilitação tem indicações semelhantes à reparação primária.⁽¹⁵⁾

Num estudo retrospectivo realizado por Lin et al⁽⁷⁾, 18 doentes tratados com plastia em V-Y, com *gap* entre 3 e 9 cm, registaram, no último *follow-up*, uma melhoria significativa do *score* AOFAS e nenhuma complicação grave. Todos os doentes readquiriram a capacidade de realizar elevação do calcanhar apoiado na ponta do pé, e retornaram ao nível de atividade desportiva prévio à rotura. A RMN, realizada 3 meses após a cirurgia, mostrou alguns sinais de inflamação, que desapareceram ao fim de 1 a 2 anos.⁽⁷⁾

No entanto, em muitas situações, a plastia em V-Y é insuficiente. Num estudo comparativo retrospectivo (nível de evidência IV), Guclu e al⁽³¹⁾ realizaram plastia em V-Y combinada com plastia

de deslizamento de fásia em 17 doentes com RCTA e com *gap* médio de 6 cm. Para além da plastia em V-Y, é preparado um retalho de aponevrose do gastrocnémio, distalmente à plastia em V, que, depois de invertido, reforça a anastomose da reparação.⁽³¹⁾ Num *follow-up* médio de 195 meses, não se registaram recorrências de roturas. A média do *score* AOFAS melhorou de 64 para 95, e todos os doentes readquiriram capacidade para realizar elevação do calcanhar apoiado na ponta do pé. O tamanho do *gap*, a atrofia muscular adjacente ao TA e o aumento do tempo entre a rotura e a intervenção cirúrgica foram significativamente associados à diminuição da capacidade máxima de flexão plantar, sem prejuízo dos resultados da classificação do *score* AOFAS.⁽³¹⁾

Zayda⁽²¹⁾ apresentou um estudo retrospectivo com 9 doentes, em que a média de idades era de 40 anos. O local da rotura, calculado por RMN, foi entre 4 a 6 cm da inserção do calcâneo, e o tamanho do *gap*, entre 3 e 6 cm. O tratamento consistiu numa plastia em V-Y com reforço pelo plantar delgado. No final do *follow-up*, de 7 a 12 meses, não se registaram complicações de relevo. Nenhum doente sofreu nova rotura, e todos readquiriram a capacidade de cumprir as suas ocupações prévias. A amplitude pós-operatória do movimento do tornozelo foi igual à do lado oposto em 8 doentes, mas a flexão dorsal do tornozelo foi 10° inferior, por comparação contralateral, num doente. No último *follow-up*, todos foram capazes de realizar elevação do calcanhar afetado apoiado na ponta do pé por 30 segundos.⁽²¹⁾

A plastia em V-Y deve ser adotada preferencialmente em doentes jovens.⁽⁷⁾ O músculo solear pode fornecer revascularização para o tendão após a plastia em V-Y, contribuindo para um processo de cicatrização menos demorado do TA.⁽⁷⁾

7.2.2 Plastia de deslizamento

Os retalhos do tríceps sural, nas suas diversas formas, podem fornecer continuidade entre as extremidades proximal e distal do TA, reparando o *gap* resultante da rotura, enquanto permanecem conectados proximalmente. A plastia de deslizamento do TA é frequentemente usada em combinação com a plastia em V-Y, ou outra técnica de aumento ou reconstrução.⁽¹¹⁾

Ahmad et al⁽⁶⁾ publicaram uma série de casos (nível de evidência IV), em que registaram os resultados da combinação de deslizamento proximal e central do TA com transferência do FLH. Foram incluídos 32 doentes com um *gap* de 6 cm ou mais. A recuperação completa foi obtida em todos, até 5 meses após a intervenção. Depois de um *follow-up* médio de 62,3 meses, o *score Foot and Ankle Ability Measure* aumentou de 36,3% para 90,2%. As médias das escalas analógicas visuais de dor diminuíram de 6,6 para 1,8 em 10. Registaram-se complicações pós-operatórias em 5 doentes (15,6%), nomeadamente 3 com distúrbios da cicatrização cutânea, 1 com infeção do local cirúrgico e outro com TVP. Apesar de terem sido incluídos neste estudo doentes com roturas de

grandes dimensões (superiores a 6 cm), os resultados obtidos demonstram uma alta taxa de recuperação da capacidade funcional e um alívio significativo da dor.⁽⁶⁾ A abordagem da RCTA por transferência de FLH combinada com plastia do gastrocnémio pode ser um método seguro e confiável, resultando em melhoria significativa da capacidade funcional, sem prejuízo da função muscular e do hallux.⁽³²⁾

Num estudo retrospectivo comparativo (nível de evidência III), Gedam et Rushnawala⁽³³⁾ avaliaram a eficácia da plastia de deslizamento do TA combinada com aumento por enxerto do semitendinoso (ST) e sutura percutânea, por técnica cirúrgica minimamente invasiva assistida por endoscopia.⁽³³⁾ O estudo incidiu sobre 14 doentes com *gap* entre 3 e 8 cm. Após um *follow-up* médio de 30,1 meses, a média do *score* AOFAS melhorou de 64,5 para 96,9, e o *Achilles Tendon Total Rupture Score* de 49,4 para 91,4. Nenhum dos doentes desenvolveu infeção, nem recorrência de rotura ou lesão do nervo sural. Esta técnica aparenta oferecer uma reparação suficientemente forte e robusta, comparável à cirurgia aberta, mas ao mesmo tempo com inferior probabilidade de ocorrência de complicações.⁽³³⁾ Os retalhos de TA e do ST fornecem a força e a espessura necessárias para obter uma reparação estável. O *gap* resultante na aponevrose do gastrocnémio proximal (criado pela excisão do retalho para deslizamento) é fechado por sutura, o que permite criar uma única massa de tendão robusta para ser inserida no calcâneo, por fixação de parafuso de interferência.⁽³³⁾ Este método é mais forte do que a fixação topo-a-topo, e reduz a dependência da qualidade da extremidade distal remanescente do TA.⁽³³⁾

Apesar dos resultados positivos dos estudos supracitados, há alguma incerteza em relação aos procedimentos de plastia do gastrocnémio, nomeadamente quanto à qualidade tecidual, à grande exposição cirúrgica e à alteração permanente da relação de tensão-duração muscular nativa.⁽¹⁾ Para além disso, a plastia de deslizamento parece ter outras desvantagens. Tecnicamente, o comprimento e a largura do retalho da plastia são limitados e restringem o alcance da técnica. As longas incisões necessárias e a massa de tecido, por vezes volumosa, que produzem, parecem também associar-se a cicatrização tardia ou complicações do local cirúrgico.^(11, 33)

7.3 Transferência tendinosa

7.3.1 Transferência tendinosa por via aberta

A transferência do tendão do FLH pode ser concretizada por diferentes técnicas, em função da extensão de tendão pretendida para a transferência. Uma longa extensão envolve uma abordagem mais ampla para remover o tendão para além do nó de Henry.⁽¹⁵⁾ Esta abordagem, que pode ser o método adequado em doentes ativos e jovens, permite passar o tendão através de um orifício no calcâneo e suturar o FLH à extremidade proximal remanescente do TA.⁽¹⁵⁾ Uma curta extensão

implica colher o tendão ao nível do sustentáculo do tálus, para posterior fixação por parafuso de interferência no calcâneo, exigindo uma incisão cirúrgica menor que pode ser realizada artroscopicamente.⁽¹⁵⁾

A transferência do FLH pode ser feita através de incisões simples ou duplas.^(34, 35) A técnica de dupla incisão fornece um comprimento extra médio de 3 cm, mas os benefícios desse extra na melhoria do resultado funcional final não são evidentes. A dupla incisão requer disseção extensa e está associada a maior morbidade, maior tempo cirúrgico e maior risco de lesão do nervo plantar.⁽³⁵⁾

Koh et al⁽³⁶⁾ realizaram um estudo retrospectivo de uma série de casos, em que compararam os resultados de 20 doentes submetidos a transferência de FLH, com 19 doentes submetidos a plastia de deslizamento com transferência de FLH. Para a transferência do tendão do FLH é realizada uma incisão longitudinal na linha média, medial ao TA, e a rotura é exposta, tal como é evidenciado na figura 4. Após a identificação e a devida proteção do nervo sural, é realizado o desbridamento do TA rompido fibrosado. O ventre muscular do FLH é identificado profundamente ao TA e, posteriormente, segue até ao nível do maléolo medial, onde é excisado e transposto para um túnel do calcâneo criado logo antes da inserção do TA, sendo por fim fixado com um parafuso absorvível. Após um ano de *follow-up*, a média da pontuação da Escala Analógica Visual foi 0 para ambos os grupos. A média do *score* AOFAS foi de 90 (FLH) e 95 (FLH com plastia de deslizamento). A transferência de FLH exigiu, em média, menos tempo operatório (73 min) em comparação com a plastia de deslizamento e transferência de FLH (100 min), com resultados favoráveis.⁽³⁶⁾

Alhaug et al⁽³⁷⁾ realizaram um estudo retrospectivo de uma série de casos envolvendo 21 doentes com RCTA tratados com transferência aberta do FLH. Após o tratamento, a força concêntrica máxima mediana foi igual, comparando com o lado não afetado. Os testes de resistência mostraram uma diferença maior. Onze doentes sofreram uma ou mais complicações, nomeadamente infeção do local cirúrgico e distúrbios da cicatrização, e a mediana do *score* AOFAS foi de 87. Com esta abordagem cirúrgica, os doentes atingiram resultados no teste da força semelhantes ao lado não afetado, mas com resistência notavelmente menor e com altas taxas de complicações.⁽³⁷⁾

Abubeih et al⁽³⁴⁾ descreveram o resultado clínico de 21 doentes com RCTA tratados através de incisão única, usando transferência do FLH. O tempo operatório médio foi de 52,9 minutos. A média do *score* AOFAS evoluiu de 57,4 para 95,3. Nesse estudo, o FLH foi fixado de forma eficiente com um parafuso de interferência de titânio no túnel intraósseo do calcâneo, uma opção mais barata do que os métodos de fixação usados por outros autores, como sutura ancorada ou parafusos bioabsorvíveis.⁽³⁴⁾

Num estudo efetuado em cadáveres, a técnica de fixação do tendão com parafuso de interferência foi comparada com a técnica de introdução do FLH no calcâneo, por cirurgia aberta de 2 incisões.⁽³⁸⁾ Os resultados funcionais de ambos os procedimentos não demonstraram diferenças na potência e força de flexão plantar.⁽³⁸⁾

7.3.2 Transferência tendinosa minimamente invasiva

As técnicas cirúrgicas minimamente invasivas, sem qualquer incisão adicional, possibilitam, por visualização direta das extremidades do tendão, a transferência do FLH proximal ao nó de Henry para o calcâneo.⁽³⁵⁾ Baumfeld et al⁽³⁹⁾ relatam, no seu estudo, que estas técnicas são uma opção mais vantajosa do que os procedimentos abertos em doentes com alto risco de complicações da cicatrização da pele e dos tecidos moles.⁽³⁵⁾ Alguns autores relatam taxas de complicação de 36% para o procedimento aberto e de 10% para a abordagem percutânea.⁽³⁹⁾ De facto, a cirurgia aberta com incisão longitudinal para transferência do FLH pode inviabilizar o peritendão que é responsável pelo suprimento sanguíneo para o TA.⁽³⁵⁾

A colheita do tendão do FLH pode ser realizada na zona 1, imediatamente antes do tendão passar pelo túnel fibro-ósseo, ou na zona 2, quando o tendão passa sob o sustentáculo do tálus.⁽³⁹⁾ A distância mínima, entre o feixe neurovascular e o tendão do FLH, representa um risco durante o procedimento cirúrgico.⁽⁴⁰⁾ O colapso ou fratura do túnel intraósseo do calcâneo é outra potencial complicação que pode ser causada pela perfuração inadequada do túnel ou pela fixação do parafuso do tendão do FLH transferido.⁽³⁹⁾ Assim, é fundamental obter uma localização precisa do túnel centrado no calcâneo.⁽⁴⁰⁾

Sem a anastomose da extremidade distal do FLH ao tendão do flexor longo dos dedos, a colheita do FLH pode ser semelhante à rotura traumática do tendão. Há relatos de casos de deformidades de hiperextensão após a rotura traumática do tendão do FLH.⁽⁴¹⁾ Esta técnica acarreta alguns desafios técnicos e, portanto, pode não ser indicada para cirurgiões menos experientes.^(39, 40)

Khalid et al⁽⁴¹⁾ realizaram um estudo retrospectivo de uma série de casos (nível de evidência IV) incluindo 10 doentes com RCTA tratados por transferência do FLH, através de técnica cirúrgica minimamente invasiva. O FLH foi transferido para o calcâneo e, o remanescente, usado para interligar o *gap* e reconstruir o TA. Após um *follow-up* médio de 30,9 meses, a média do *score* AOFAS foi de 78,5. A pontuação média pós-operatória foi de 33,5 para a dor, 38,7 para a função e 6,3 para o alinhamento. Nenhum doente desenvolveu uma deformidade significativa do hallux após o tratamento. A única complicação observada foi uma infeção do local cirúrgico, exigindo incisão e drenagem.⁽⁴¹⁾

Num outro estudo retrospectivo de uma série de casos (nível de evidência IV) abrangendo 6 doentes com RCTA, Husubye et al⁽³⁵⁾ sugerem que a transferência endoscópica do FLH pode também ser considerada em doentes com alta probabilidade de distúrbios da cicatrização. A elevação do calcânhar afetado apoiado na ponta do pé foi possível em 5 dos 6 doentes, 12 meses após a cirurgia, e não se registaram infeções pós-operatórias.

Vega et al⁽⁴⁰⁾ apresentaram um outro estudo retrospectivo de uma série de casos de 22 doentes com RCTA tratados com transferência endoscópica do FLH. A RMN pré-operatória mostrava um *gap* médio do tendão de 6,3 cm. Após um *follow-up* de 30,5 meses, a média do *score* AOFAS aumentou de 55 para 91. Todos os doentes retomaram as suas atividades diárias sem complicações relatadas, e nenhum referiu queixas ou défices sintomáticos de força de flexão do hallux.⁽⁴⁰⁾

Num estudo realizado em cadáveres, foram avaliados os resultados da técnica cirúrgica minimamente invasiva, de incisão única, para colheita curta do FLH, tendo-se obtido dados anatómicos que sustentam que o comprimento do tendão é suficiente para a transferência para o calcâneo.⁽⁴²⁾

A transferência do tendão curto peroneal (TCP) também tem sido usada como técnica de reconstrução. O TCP é colhido a partir da base do quinto metatarsiano e transposto pelo calcâneo, através de um túnel, antes de ser suturado de volta sobre o TA.⁽¹¹⁾ O TCP é um importante estabilizador lateral do tornozelo, pelo que a sua transferência pode reduzir a força de eversão em cerca de 9%, mas essa perda de força, embora estatisticamente significativa, após adequada reabilitação, pode não ter relevância clínica.⁽⁴³⁻⁴⁵⁾

Maffulli et al⁽⁴³⁾ realizaram um estudo retrospectivo de uma série de casos abrangendo 17 doentes submetidos a transferência do TCP por técnica cirúrgica minimamente invasiva. O *Achilles Tendon Total Rupture Score* médio melhorou significativamente de 58 para 91, após um *follow-up* de 4,6 anos, sem registo de qualquer complicação do local cirúrgico. A maioria dos doentes ativos retornou ao nível prévio de atividade física e todos retomaram as atividades diárias sem qualquer perturbação do equilíbrio.⁽⁴³⁾

Os músculos peroneais fornecem apenas 4% da capacidade total de flexão plantar e, especificamente, a ação do TCP pode ser em parte suplementada pelo músculo longo peroneal. No estudo de Maffulli et al⁽⁴³⁾, todos os doentes foram capazes de realizar elevação do calcânhar afetado apoiado na ponta do pé, e não demonstraram qualquer desequilíbrio muscular ou anormalidade da marcha.

Como observado após a transferência do tendão do FLH, o TCP transferido hipertrofia ao longo do tempo, e a sua incorporação funcional aumenta a força da flexão plantar, fornecendo força contráctil e um equilíbrio muscular do tornozelo próximos do normal.⁽⁴³⁾

Embora não tenham sido relatados défices funcionais significativos, o uso da transferência do TCP é menos desejável em comparação com outras transferências.⁽⁴⁵⁾ O FLH é um tendão com maior durabilidade e com um músculo mais forte.⁽⁴⁴⁾ Com o avanço da técnica cirúrgica minimamente invasiva, o tendão do FLH pode ser colhido num nível imediatamente proximal ao nó principal de Henry, sem dissecação de tecido.⁽⁴⁴⁾

7.4 Reconstrução com enxerto

Nos casos em que é possível aproximar as extremidades rompidas do TA por flexão máxima na articulação do tornozelo, o enxerto pode cobrir ambas as extremidades. No entanto, a reparação realizada com o pé na flexão plantar máxima pode levar à perda pós-operatória da dorsiflexão do tornozelo.⁽⁴⁶⁾ Por outro lado, ao evitar a incapacidade de dorsiflexão após a cirurgia, poderá originar uma tensão inadequada do tendão reparado, induzindo em erro a sua recuperação funcional. Portanto, o controlo intraoperatório do comprimento do tendão é um fator importante nos resultados do tratamento da rotura com enxerto.⁽⁴⁶⁾

7.4.1 Autoenxerto

Em situações de RCTA com *gap* superior a 6 cm, a reconstrução pode ser realizada por transferência minimamente invasiva de um enxerto do tendão semitendinoso (ST) homolateral, proporcionando uma reconstrução robusta do TA, com morbilidade mínima associada.^(29, 47) Usulli et al⁽²⁹⁾ realizaram um estudo de uma série de casos (nível de evidência IV) abrangendo 8 doentes submetidos a este procedimento. Deste estudo, obtiveram-se os seguintes resultados: teste de resistência médio de 28, *score* AOFAS médio de 92, *Achilles Tendon Total Rupture Score* médio de 87 e boa cicatrização de tecidos moles. Todos os doentes retomaram as suas atividades diárias, e 6 retornaram às atividades desportivas pré-lesão, em média, 7 meses após a cirurgia. Os autores acreditam que esta técnica é uma opção vantajosa, especialmente quando os aloenxertos não estão disponíveis. Esta abordagem é pouco dispendiosa, uma vez que não são usados parafusos de tenodese ou âncoras de sutura, podendo também ser uma opção útil se não estiverem disponíveis outros tendões para transferência.⁽²⁹⁾

Num estudo prospetivo de uma série de casos realizado por Maffulli et al⁽⁴⁷⁾, foram comparados os resultados de três técnicas diferentes de transferência de tendão por técnica cirúrgica minimamente invasiva (incisão maior não superior a 3 cm) usando FLH homolateral, TCP homolateral e enxerto de ST homolateral, com ou sem parafuso de interferência. A reconstrução

cirúrgica com enxerto de ST foi adotada para roturas com *gap* superior a 6 cm, enquanto que os defeitos menores foram reconstruídos com TCP homolateral ou transferência do tendão FLH homolateral. No *follow-up*, os doentes que foram tratados com enxerto do ST (figura 5) mostraram padrões de recuperação semelhantes, e em comparação com os outros grupos, ganharam força e volume muscular no tríceps sural, tendo regressado às atividades normais, apesar de demonstrarem menor capacidade para retomar desportos de alto impacto.⁽⁴⁷⁾ O grupo de doentes submetidos à cirurgia com TCP retornou às atividades desportivas mais lentamente, podendo refletir uma limitação da técnica.⁽⁴⁷⁾

Sadek et al⁽⁴⁸⁾ estudaram a reconstrução de defeitos maiores que 5 cm, usando enxerto homolateral do plantar delgado em tripla alça, envolto em retalho central da porção proximal do TA, tal como demonstrado na figura 6. No entanto, esta técnica é contraindicada em doentes com doença vascular periférica, com distúrbios cutâneos, ou que não têm plantar delgado íntegro.⁽⁴⁸⁾

Alguns estudos experimentais têm demonstrado resistência mecânica do aloenxerto comparável à do autoenxerto.⁽²²⁾ No entanto, a fase de remodelação no tecido de aloenxerto demonstrou ser mais longa. Durante esta fase, o tendão é mais vulnerável à rotura.⁽²²⁾

7.4.2 Aloenxerto

Song et al⁽⁴⁹⁾ realizaram um estudo retrospectivo de uma série de casos incluindo um total de 34 doentes que foram submetidos a aloenxerto do ST (figura 7). Após um follow-up de 53 meses, todos os doentes foram capazes de executar elevação do calcanhar afetado apoiado na ponta do pé, e de caminhar sem desequilíbrios visíveis. Após a cirurgia, não se registaram infeções, complicações vasculares ou recorrência de rotura. No entanto, 4 doentes queixaram-se de dor quando o tempo estava mais frio ou após corrida. No total, 13 doentes retornaram ao mesmo nível de atividade desportiva, como basquetebol, futebol ou badminton e 6 doentes retomaram atividade recreativa, como corrida ou natação.⁽⁴⁹⁾

Os aloenxertos têm alguns benefícios, tais como, evitar o enfraquecimento do tecido do dador e reduzir o tempo cirúrgico, mas há preocupações quanto às possíveis desvantagens, como o risco de transmissão de doenças e de resposta imunológica, o maior tempo de incorporação do aloenxerto no hospedeiro e os custos financeiros associados.^(22, 49) No entanto, os aloenxertos têm apresentado taxas muito baixas de transmissão de doença, segundo a *American Association of Tissue Banks*.⁽²²⁾

7.4.3 Xenoenxerto

Num estudo de uma série de casos (nível de evidência IV) realizado por Hollawell et Bayone⁽⁵⁰⁾, foram incluídos 4 doentes com RCTA tratados com um aloenxerto de interposição de TA e aumento

simultâneo com xenoenxerto. Após uma média de 14,5 semanas, todos os doentes retomaram, sem dor, as atividades pré-lesão, sem necessidade de transferência de tendão, alongamento ou intervenção adicional. A combinação de aloenxerto e xenoenxerto do TA parece melhorar a função e a força e, simultaneamente, reduzir a dor no local da rotura, promovendo uma recuperação funcional e um retorno adequado aos níveis de atividade pré-lesão.⁽⁵⁰⁾

7.4.4 Enxerto sintético

Alguns estudos mostraram resultados bem sucedidos usando materiais sintéticos, mas existe algum ceticismo pela hipótese de poderem originar uma resposta inflamatória nas áreas vasculares de transição, com consequentes distúrbios no processo de cicatrização e risco de infeção.⁽³⁴⁾

Mishra et Shoaib⁽⁵¹⁾ trataram 7 doentes com RCTA através de plastia em V-Y combinada com aumento por enxerto de tendão sintético (*Artelon*®), tal como demonstrado na figura 8. Após um *follow-up* de 29 meses, não ocorreram recorrências de rotura ou infeção, a média do *score* AOFAS evoluiu de 59 para 91, e o *Achilles Tendon Total Rupture Score* médio para 92. O enxerto sintético age como uma plataforma degradável que permite o crescimento de tecido, fornecendo suporte mecânico.⁽⁵¹⁾ De acordo com os dados do fabricante, o *Artelon*® tem uma integração total ao fim de 6 anos. Assim sendo, são necessários estudos com um *follow-up* mais extenso para prever os resultados finais do enxerto sintético *in vivo*.⁽⁵¹⁾

8. Perspectivas futuras

À luz dos atuais conhecimentos, a quantidade e o tempo apropriados de carga mecânica para a recuperação ideal do tendão reconstruído permanecem incertos, prevendo-se que se relacionem com o *gap* e com a técnica de reconstrução usada.⁽⁵²⁾ Uma ativação precoce do músculo e da articulação correspondente parece ser a abordagem mais razoável.⁽⁵²⁾

Como a recuperação do tendão é dependente de fatores de crescimento, um objetivo promissor consiste em encontrar a composição correta destes fatores, de forma a ser possível a sua injeção direta.⁽⁵³⁾ No entanto, a sua semivida e o seu tempo de libertação necessitam de ser calculados e ajustados, já que a recuperação do tendão pode demorar semanas a meses.⁽⁵²⁾ Um aumento rápido do colagénio do tipo I parece igualmente ser essencial e, deste modo, pode ser apoiado por um suprimento externo de colagénio.^(52, 53)

Abordagens complexas com recurso a terapia genética ou a células estaminais são muito promissoras, mas o desenvolvimento destas alternativas está ainda no seu início.^(9, 52, 53) O atual conhecimento sobre a aplicabilidade da bioengenharia no tratamento da rotura do TA baseia-se, principalmente, em estudos de laboratório, de tal modo que as abordagens clínicas nesta vertente são, por enquanto, experimentais.⁽⁵³⁾

No futuro, para além da reconstrução do tendão (reparação primária, plastia, transferência tendinosa e/ou enxerto), pode ser possível o estabelecimento de uma composição definida de fatores de crescimento e de colagénio do tipo I, contribuindo para melhores resultados, principalmente no tempo de recuperação dos doentes submetidos a tratamento destas roturas.⁽⁵²⁾

9. Conclusão

Embora várias técnicas de reconstrução do TA tenham sido descritas, a superioridade inequívoca de uma técnica em relação à outra ainda não foi demonstrada.⁽¹⁷⁾

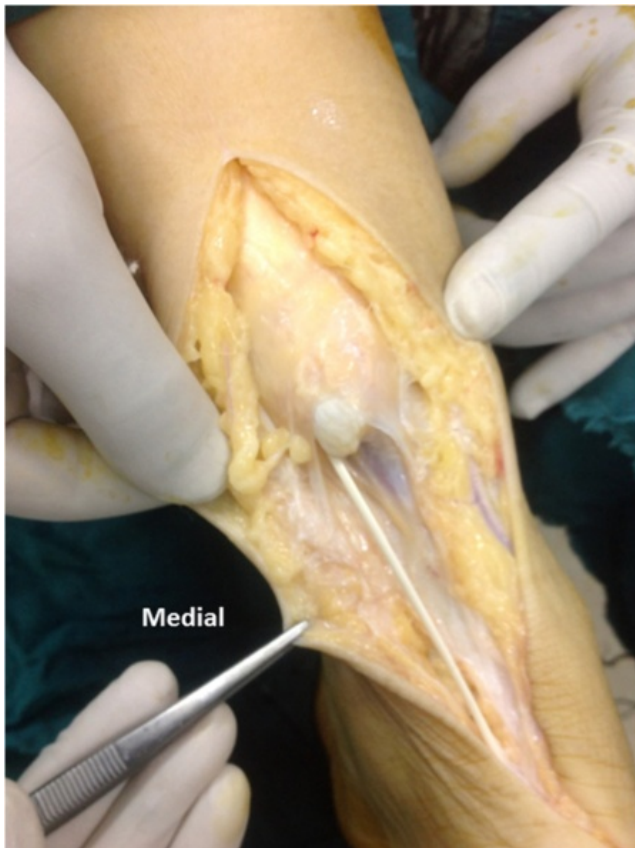
Em quase todos os trabalhos de investigação é difícil obter um grupo controlo, porque a ausência de intervenção seria inaceitável para os doentes, e a ocorrência da RCTA é rara. Dada a relativa raridade da condição, a obtenção de casuísticas maiores, provavelmente, exigiria um estudo multicêntrico para avaliar as diferentes técnicas cirúrgicas. Compreende-se, portanto, a importância da realização, no futuro, de estudos comparativos randomizados para determinação de algoritmos de tratamento.

De maneira a atingir os melhores resultados possíveis, o tratamento cirúrgico é recomendado para a maioria das roturas crónicas.⁽¹¹⁾ O tratamento conservador não está indicado, exceto se o doente apresentar significativas comorbilidades ou reduzido nível de atividade física. No campo do procedimento cirúrgico, há um amplo espectro de técnicas usadas para tratamento das RCTA, que podem variar desde a reparação primária até à transferência de tendão e adição de enxertos. A escolha da melhor abordagem depende de vários fatores, nomeadamente, do tempo de evolução, do tamanho do *gap*, da qualidade do tecido remanescente, da vascularização, da localização da rotura e de fatores específicos do doente.⁽¹⁾

O objetivo final do tratamento cirúrgico é o restabelecimento da relação de tensão e de comprimento, para fornecer a força de flexão plantar adequada⁽²¹⁾, com o menor dano secundário e no menor tempo possível de cicatrização. No entanto, o essencial é o diagnóstico precoce, para que se evite a cronicidade da lesão, e seja realizada a reparação da rotura na fase aguda ou nos primeiros dias após a lesão. O diagnóstico é fácil de se obter pela clínica e por técnicas de exame físico, como o teste de Thompson. Para que se evitem roturas negligenciadas ou crónicas, perante a suspeita de uma rotura parcial, deve ser feito o estudo completo por meios complementares de diagnóstico, como a ultrassonografia ou RMN, uma vez que as roturas parciais são muitas vezes, no imediato ou a curto prazo, roturas completas, exigindo um tratamento adequado.

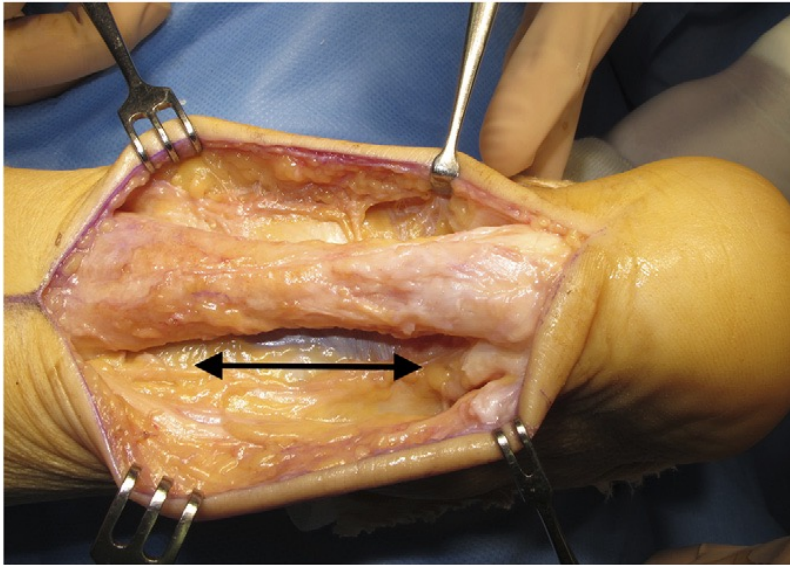
Anexos

Figura 1 – Retração do tendão de Aquiles.⁽⁴⁸⁾



Fotografia intraoperatória demonstrativa do *gap* resultante da retração do tendão de Aquiles após rotura, com a extremidade proximal arredondada e o plantar delgado íntegro.

Figura 2 – Tecido cicatricial no tendão de Aquiles.⁽²⁴⁾



Fotografia intraoperatória apresentando o espaço entre as extremidades do tendão de Aquiles, preenchido por tecido cicatricial (seta de duas pontas).

Figura 3 – RMN da rotura de tendão de Aquiles.⁽¹⁶⁾

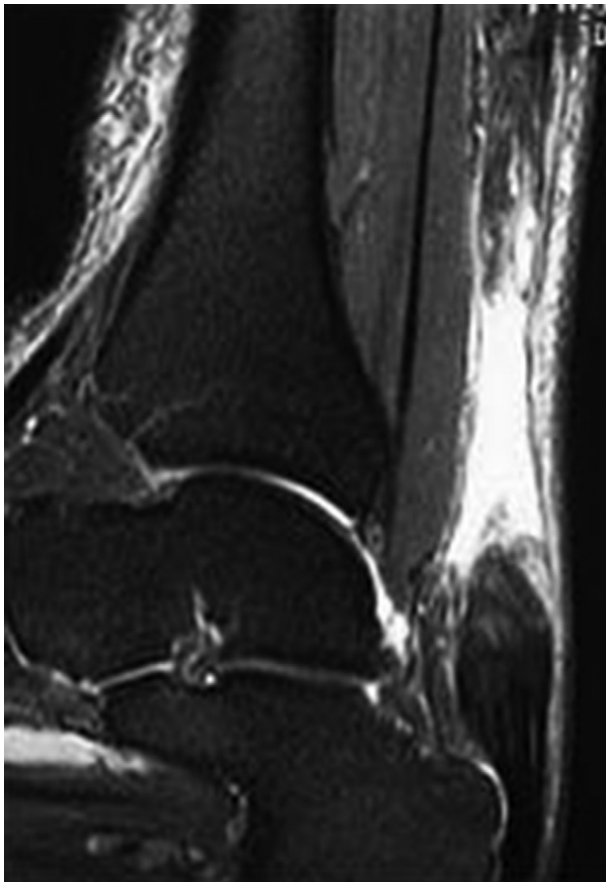


Imagem de RMN, ponderada em T2, cuja alta intensidade do sinal corresponde a uma rotura completa do tendão de Aquiles, com a presença de um *gap* de elevada dimensão.

Figura 4 – Transferência do flexor longo do hallux.⁽³⁴⁾



Fotografia intraoperatória exemplificativa da técnica de colheita do flexor longo do hallux, após disseção da fáscia profunda.

Figura 5 – Enxerto do tendão semitendinoso.⁽⁴⁷⁾



Fotografia intraoperatória demonstrativa do enxerto de tendão semitendinoso suturado à extremidade proximal, e da sua respetiva passagem por um túnel subcutâneo distal.

Figura 6 – Enxerto homolateral do plantar delgado em tripla alça.⁽⁴⁸⁾

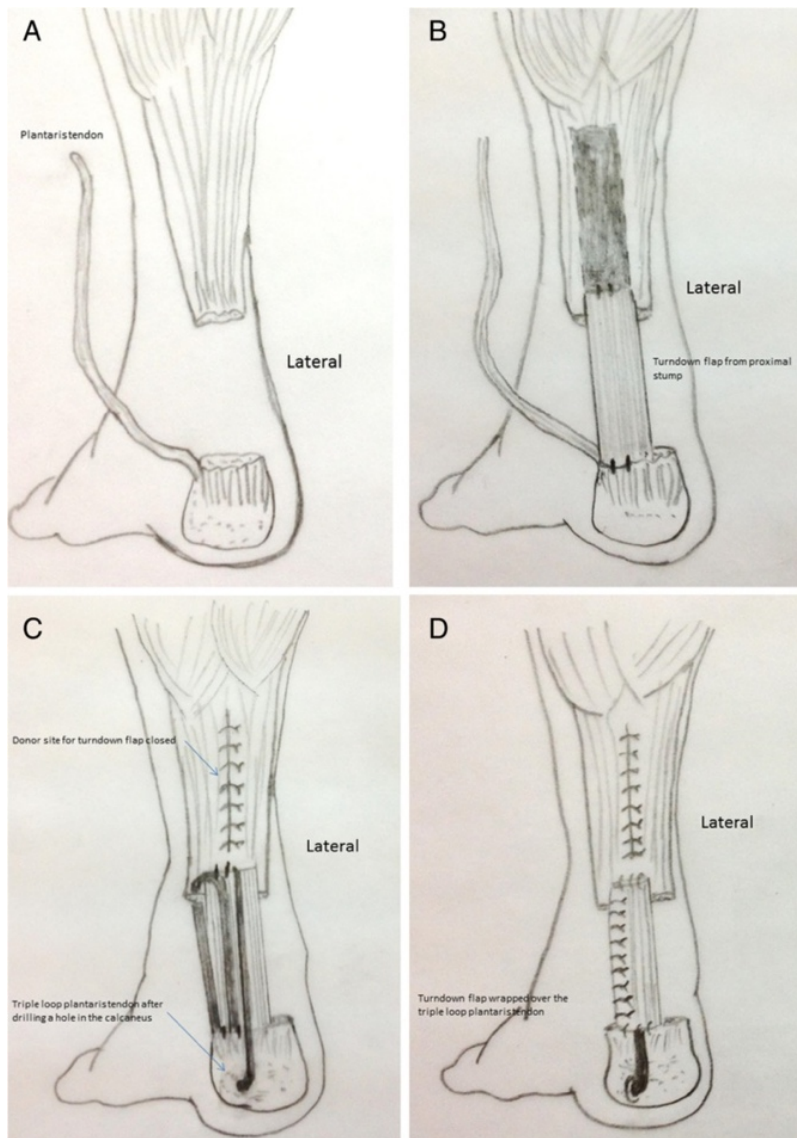


Ilustração esquemática da técnica cirúrgica de reconstrução do tendão de Aquiles com enxerto homolateral do plantar delgado em tripla alça:

A: Diagrama representativo da magnitude do *gap* do tendão de Aquiles, com o plantar delgado colhido da sua inserção, mantendo a ligação distal intacta.

B: Diagrama representativo da plastia de deslizamento, com metade da largura da extremidade do tendão de Aquiles proximal e um comprimento 5 cm maior que o *gap* estimado.

C: Diagrama representativo da configuração do plantar delgado em tripla alça após a realização de um orifício no calcâneo.

D: Diagrama representativo da construção final.

Figura 7 – Aloenxerto do semitendinoso.⁽⁴⁹⁾

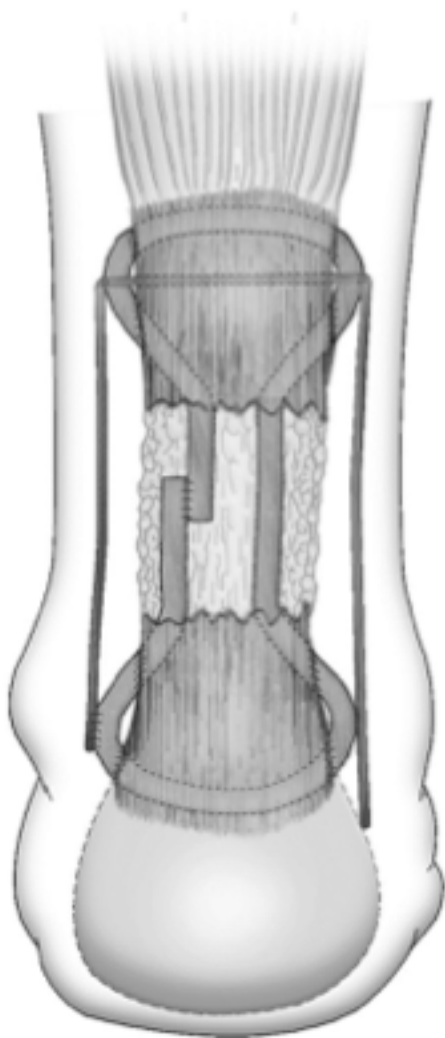


Diagrama representativo da reconstrução do tendão de Aquiles com aloenxerto do semitendinoso.

Figura 8 – Enxerto sintético.⁽⁵¹⁾



Fotografia intraoperatória demonstrativa da técnica de reconstrução do tendão de Aquiles com enxerto sintético.

Referências bibliográficas

1. Schweitzer KM, Jr., Dekker TJ, Adams SB. Chronic Achilles Ruptures: Reconstructive Options. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(21):753-63.
2. Maffulli N, Via AG, Oliva F. Chronic Achilles Tendon Rupture. *Open Orthop J.* 2017;11:660-9.
3. Kraeutler MJ, Purcell JM, Hunt KJ. Chronic Achilles Tendon Ruptures. *Foot & Ankle International.* 2017:1-9
4. Cukelj F, Bandalovic A, Knezevic J, Pavic A, Pivalica B, Bakota B. Treatment of ruptured Achilles tendon: Operative or non-operative procedure? *Injury.* 2015;46:S137-S42.
5. Alrashidi Y, Alrabai HM, Alsayed H, Valderrabano V. Achilles tendon in Sport. *Sports Orthopaedics and Traumatology Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie.* 2015;31(4):282-92.
6. Ahmad J, Jones K, Raikin SM. Treatment of Chronic Achilles Tendon Ruptures With Large Defects. *Foot Ankle Spec.* 2016;9(5):400-8.
7. Lin Y, Yang L, Yin L, Duan X. Surgical Strategy for the Chronic Achilles Tendon Rupture. *Biomed Res Int.* 2016;2016:1416971.
8. Rakic VS. Using the Literature to Understand Achilles' Fate. *Ostomy Wound Management* 2016;62(5):38-42.
9. Schneider M, Angele P, Jarvinen TAH, Docheva D. Rescue plan for Achilles: Therapeutics steering the fate and functions of stem cells in tendon wound healing. *Adv Drug Deliv Rev.* 2018;129:352-75.
10. Miller CP, Chiodo CP. Open Repair of Achilles Tendon Ruptures. *Tech Foot & Ankle.* 2017;16:62-7.
11. Malagelada F, Clark C, Dega R. Management of chronic Achilles tendon ruptures-A review. *Foot (Edinb).* 2016;28:54-60.
12. Buda R, Castagnini F, Pagliuzzi G, Giannini S. Treatment Algorithm for Chronic Achilles Tendon Lesions. *Journal of the American Podiatric Medical Association.* 2017;107(2):144-9.
13. Singh M, Geaney LE. Repair of Chronic Achilles Tendon Ruptures. *Tech Foot & Ankle.* 2017;16:68-73.
14. Bussewitz BW. Repair of Neglected Achilles Rupture. *Clin Podiatr Med Surg.* 2017;34(2):263-74.
15. Bendall S. Chronic tendo Achilles injuries: a management rationale. *Orthopaedics and Trauma.* 2018;32(6):382-7.
16. Steginsky BD, Van Dyke B, Berlet GC. The Missed Achilles Tear: Now what? *Foot Ankle Clin.* 2017;22(4):715-34.
17. Peek AC, Malagelada F, Clark CIM. The Achilles tendon. *Orthopaedics and Trauma.* 2016;30(1):1-7.
18. Uquillas CA, Guss MS, Ryan DJ, Jazrawi LM, Strauss EJ. Everything Achilles: Knowledge Update and Current Concepts in Management: AAOS Exhibit Selection. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(14):1187-95.
19. Maffulli N, Via AG, Oliva F. Chronic Achilles Tendon Disorders: Tendinopathy and Chronic Rupture. *Clin Sports Med.* 2015;34(4):607-24.
20. Klatte-Schulz F, Minkwitz S, Schmock A, Bormann N, Kurtoglu A, Tsitsilonis S, et al. Different Achilles Tendon Pathologies Show Distinct Histological and Molecular Characteristics. *Int J Mol Sci.* 2018;19(2).

21. Zayda AI. V-Y Plasty and Plantaris Tendon Augmentation Repair in Treatment of Chronic Ruptured Achilles Tendon. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2018;2(5).
22. Ofili KP, Pollard JD, Schuberth JM. The Neglected Achilles Tendon Rupture Repaired With Allograft: A Review of 14 Cases. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2016;55(6):1245-8.
23. Doty J, Katsuura Y, Richardson N. Division Tenorrhaphy: A Novel Technique for Chronic or Failed Nonoperatively Treated Achilles Tendon Rupture. *Foot Ankle Spec*. 2017;10(3):242-5.
24. Yasuda T, Shima H, Mori K, Kizawa M, Neo M. Direct Repair of Chronic Achilles Tendon Ruptures Using Scar Tissue Located Between the Tendon Stumps. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(14):1168-75.
25. Bullock MJ, DeCarbo WT, Hofbauer MH, Thun JD. Repair of Chronic Achilles Ruptures Has a High Incidence of Venous Thromboembolism. *Foot Ankle Spec*. 2017;10(5):415-20.
26. Dombrowski M, Murawski CD, Yasui Y, Chen AF, Ewalefo SO, Fourman MS, et al. Medical comorbidities increase the rate of surgical site infection in primary Achilles tendon repair. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019.
27. Burrus MT, Werner BC, Park JS, Perumal V, Cooper MT. Achilles Tendon Repair in Obese Patients Is Associated With Increased Complication Rates. *Foot Ankle Spec*. 2016;9(3):208-14.
28. Ozan F, Dogar F, Gurbuz K, Ekinci Y, Koyuncu S, Sekban H. Chronic Achilles Tendon Rupture Reconstruction Using the Lindholm Method and the Vulpius Method. *J Clin Med Res*. 2017;9(7):573-8.
29. Usuelli FG, D'Ambrosi R, Manzi L, Indino C, Villafane JH, Berjano P. Clinical Outcomes and Return to Sports in Patients with Chronic Achilles Tendon Rupture after Minimally Invasive Reconstruction with Semitendinosus Tendon Graft Transfer. *Joints*. 2017;5(4):212-6.
30. Sudhana AM, Kareti M. Surgical Management of Chronic Achilles Tendon Ruptures with Bosworth Technique- a prospective study. *J Evid Based Med Healthc*. 2018;5(53):3654-7.
31. Guclu B, Basat HC, Yildirim T, Bozduman O, Us AK. Long-term Results of Chronic Achilles Tendon Ruptures Repaired With V-Y Tendon Plasty and Fascia Turndown. *Foot Ankle Int*. 2016;37(7):737-42.
32. Elgohary HEA, Elmoghazy NA, Abd Ellatif MS. Combined flexor hallucis longus tendon transfer and gastrocnemius recession for reconstruction of gapped chronic achilles tendon ruptures. *Injury*. 2016;47(12):2833-7.
33. Gedam PN, Rushnaiwala FM. Endoscopy-Assisted Achilles Tendon Reconstruction With a Central Turndown Flap and Semitendinosus Augmentation. *Foot Ankle Int*. 2016;37(12):1333-42.
34. Abubeih H, Khaled M, Saleh WR, Said GZ. Flexor hallucis longus transfer clinical outcome through a single incision for chronic Achilles tendon rupture. *International Orthopaedics*. 2018;42(11):2699-704.
35. Husebye EE, Molund M, Hvaal KH, Stodle AH. Endoscopic Transfer of Flexor Hallucis Longus Tendon for Chronic Achilles Tendon Rupture: Technical Aspects and Short-Time Experiences. *Foot Ankle Spec*. 2018;11(5):461-6.
36. Koh D, Lim J, Chen JY, Singh IR, Koo K. Flexor hallucis longus transfer versus turndown flaps augmented with flexor hallucis longus transfer in the repair of chronic Achilles tendon rupture. *Foot Ankle Surg*. 2017.
37. Alhaug OK, Berdal G, Husebye EE, Hvaal K. Flexor hallucis longus tendon transfer for chronic Achilles tendon rupture. A retrospective study. *Foot Ankle Surg*. 2018.

38. Liu GT, Balldin BC, Zide JR, Chen CT. A Biomechanical Analysis of Interference Screw Versus Bone Tunnel Fixation of Flexor Hallucis Longus Tendon Transfers to the Calcaneus. *J Foot Ankle Surg.* 2017;56(4):813-6.
39. Baumfeld D, Baumfeld T, Figueiredo AR, Junior LFA, Macedo B, Silva TAA, et al. Endoscopic Flexor Halluces Longus Transfer for Chronic Achilles Tendon rupture - technique description and early post-operative results. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal.* 2017;7(2):341-6.
40. Vega J, Vilá J, Batista J, Malagelada F, Dalmau-Pastor M. Endoscopic Flexor Hallucis Longus Transfer for Chronic Noninsertional Achilles Tendon Rupture. *Foot & Ankle International.* 2018:1-9.
41. Khalid MA, Weiss WM, Iloanya M, Panchbhavi VK. Dual Purpose Use of Flexor Hallucis Longus Tendon for Management of Chronic Achilles Tendon Ruptures. *Foot Ankle Spec.* 2018;20(10):1-5.
42. Hong CC, Lee WT, Murphy DP, Tan KJ. Anatomic Basis for Minimally Invasive Flexor Hallucis Longus Transfer in Chronic Achilles Tendon Rupture. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(5):938-41.
43. Maffulli N, Oliva F, Costa V, Buono A. The management of chronic rupture of the Achilles Tendon. *Bone Joint J.* 2015;97-B:353-7.
44. Lui TH, Chan WC, Maffulli N. Endoscopic Flexor Hallucis Longus Tendon Transfer for Chronic Achilles Tendon Rupture. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2016;24:38–41.
45. Ahemad M. A A, Abdul NM, Syed MA. Chronic insertional achilles tendon ruptures treated by suture anchor repair and augmentation with flexor hallucis longus tendon transfer. *International Journal of Research in Orthopaedics.* 2018;4(2).
46. Sanada T, Uchiyama E. Gravity Equinus Position to Control the Tendon Length of Reversed Free Tendon Flap Reconstruction for Chronic Achilles Tendon Rupture. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2017;56(1):37-41.
47. Maffulli N, Oliva F, Maffulli GD, Buono AD, Gougoulas N. Surgical management of chronic Achilles tendon ruptures using less invasive techniques. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(2):164-70.
48. Sadek AF, Fouly EH, Laklok MA, Amin MF. Functional and MRI follow-up after reconstruction of chronic ruptures of the Achilles tendon Myerson type III using the triple-loop plantaris tendon wrapped with central turndown flap: a case series. *J Orthop Surg Res.* 2015;10:109.
49. Song YJ, Chen G, Jia SH, Xu WB, Hua YH. Good outcomes at mid-term following the reconstruction of chronic Achilles tendon rupture with semitendinosus allograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018.
50. Hollawell S, Baione W. Chronic Achilles Tendon Rupture Reconstructed With Achilles Tendon Allograft and Xenograft Combination. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54(6):1146-50.
51. Shoaib A, Mishra V. Surgical repair of symptomatic chronic achilles tendon rupture using synthetic graft augmentation. *Foot Ankle Surg.* 2017;23(3):179-82.
52. Muller SA. Current Concepts in Tendon Bioengineering. . *Trauma and Acute Care.* 2016;1(10):1-4.
53. Muller SA, Todorov A, Heisterbach PE, Martin I, Majewski M. Tendon healing: an overview of physiology, biology, and pathology of tendon healing and systematic review of state of the art in tendon bioengineering. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(7):2097-105.