

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

**TRATAMENTO CONSERVADOR E CIRÚRGICO DA ROTURA DO TENDÃO DE AQUILES:
NOVAS OPÇÕES TERAPÊUTICAS**

JOÃO PAULO ALVES GOMES PINHO DA ROCHA

M

2024



TRATAMENTO CONSERVADOR E CIRÚRGICO DA ROTURA DO TENDÃO DE AQUILES: NOVAS OPÇÕES TERAPÊUTICAS

Artigo de revisão bibliográfica

Estudante: João Paulo Alves Gomes Pinho da Rocha

Estudante do 6º ano do Mestrado Integrado em Medicina

Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto

Endereço eletrónico: up200301620@upt.pt

Contacto telefónico: 916956556

Prof. Dr. Manuel André dos Santos Gomes

Assistente Hospitalar Graduado Sénior do serviço de Ortopedia, do Centro Hospitalar
Universitário Santo António

Professor Catedrático Convidado em Agregação do MIM do ICBAS/CHUSanto António

Artigo de Revisão Bibliográfica

Mestrado Integrado em Medicina

TRATAMENTO CONSERVADOR E CIRÚRGICO DA ROTURA DO TENDÃO DE AQUILES: NOVAS
OPÇÕES TERAPÊUTICAS

Assinatura do estudante

João Pinho da Rocha

Assinatura do orientador

Manuel André dos Santos Gomes

Maio 2024

Agradecimentos

Ao concluir esta etapa da minha formação médica e também muito importante da minha vida, quero expressar uma profunda gratidão ao meu estimado orientador, Professor Doutor André dos Santos Gomes. Desde a escolha do tema que, pela sua perspicácia, conhecimento e grande experiência, me guiou na seleção de um tema que fosse relevante e com potencial para gerar impacto, até à criteriosa revisão do meu trabalho. Notável. Sinto-me, portanto, grato pela oportunidade de trabalhar sob a sua orientação.

E família... Papá, Mummy, Anita, Cecília, Zé, Miguel, Sílvia, Hugo, Leonor e Luzinha. O nome de cada um tinha mesmo de estar aqui especificado, pois são os meus maiores apoios e que vibram comigo durante e após cada conquista. FINALMENTE. Obrigado.

Resumo

Introdução: A rotura do Tendão de Aquiles tem demonstrado, ao longo dos anos, ser umas das mais comuns lesões musculoesqueléticas a nível de atletas, dada a exigência e variação brusca de movimentos nas atividades desportivas, e adultos jovens, em especial os mais ativos. Técnicas conservadoras ou cirúrgicas são as abordagens de eleição, atualmente, e com bons resultados na maioria dos casos, cujo principal propósito concerne na recuperação da função e minimização de tempo de recuperação. Com o objetivo de incrementar os resultados clínicos, para a maioria dos pacientes e de um modo mais personalizado, exploram-se novas e promissoras técnicas, que sejam mais eficientes e permitam um retorno mais célere à prática desportiva.

Objetivos: Revisão sistemática da literatura respeitante às atuais e às novas abordagens, em termos de segurança e eficácia, assim como comparar resultados entre os diferentes métodos no tratamento da lesão é o objetivo primordial desta dissertação de mestrado.

Método: Através da pesquisa de palavras-chave como “rotura do tendão de Aquiles”, “tratamento” e “novas abordagens terapêuticas”, em diferentes bases de dados médicas, como sejam PubMed, Web of science ou Scopus, foram selecionados estudos dos últimos 6 anos até Dezembro de 2023 e os critérios de inclusão foram artigos escritos em Inglês ou Português, respetivos níveis de evidência e relevância científicas além da avaliação da qualidade metodológica e que reportassem resultados clínicos respeitantes às opções terapêuticas no tratamento da rotura do TA.

Resultados: Após identificação de 120 artigos, analisaram-se os 45 que respeitavam os anteriormente referidos critérios. A nível de abordagens destacam-se as minimamente invasivas e as regeneradoras e cujos resultados demonstraram diminuição do tempo de recuperação, das taxas de re-rotura ou mesmo de infeção, comparativamente aos métodos tradicionalmente estabelecidos. De referir que limitações como diferenças ao nível protocolar de execução ou duração reduzida de acompanhamento pós-intervenção, em muitos deles, limitaram a generalização dos resultados.

Conclusão: Embora as novas abordagens sejam promissoras ao nível de segurança e eficácia, são ainda necessários mais estudos e ensaios clínicos randomizados permitindo confirmar a sua superioridade e padronizar os protocolos de tratamento. Assim, a sua utilização no âmbito do planeamento do tratamento desta rotura constituirá uma mais-valia e avanço para a ortopedia e medicina desportiva.

Palavras-chave: “Rotura do tendão de Aquiles”, “novas abordagens terapêuticas”, “cirurgia minimamente invasiva”, “revisão sistemática”.

Abstract

Introduction: AT rupture has proven, over the years, to be one of the most common musculoskeletal injuries among athletes, given the demand and swift variation of movements in sporting activities and young adults, particularly the most active ones. Conservative or surgical techniques are presently the approaches of choice, with good results in most cases, whose primary purpose concerns the recovery of function and minimising recovery time. With the aim of increasing clinical results for most patients and in a more personalised way, new and promising techniques are being investigated, which are more efficient and allow a faster recovery to sports.

Objectives: The systematic review of the literature regarding current and new approaches, in terms of safety and effectiveness, as well as comparing results between different methods in the treatment of injuries, is the primary objective of this master's thesis.

Method: By searching keywords such as “Achilles tendon rupture”, “treatment”, and “new therapeutic approaches” in different medical databases, such as PubMed, Web of Science or Scopus, studies were selected up to December 2023 and whose inclusion criteria were study articles written in English or Portuguese, respective levels of scientific evidence and relevance in addition to the assessment of methodological quality and that reported clinical results regarding therapeutic options in the treatment of AT rupture.

Results: After identifying 120 articles, the 45 that met the aforementioned inclusion criteria were analysed. In terms of approaches, minimally invasive and regenerative ones stand out, demonstrating a reduction in recovery time, re-rupture rates or even infection, compared to traditionally established methods. In many of them, limitations such as variances in the protocol level of implementation or reduced duration of post-intervention follow-up limited the oversimplification of the results.

Conclusion: Although new approaches are promising in terms of safety and efficacy compared to current techniques in use, more studies and randomised clinical trials are still needed to establish their superior nature and regulate treatment protocols. Therefore, their use in planning the treatment of this rupture will constitute an added value and advance for orthopaedics and sports medicine.

Keywords: “Achilles tendon rupture,” “new therapeutic approaches,” “CMI”, and “systematic review.”

Lista de Abreviaturas

CMI – Cirurgia Minimamente Invasiva
EGF – Fator de Crescimento Epidérmico
FC – Fator de Crescimento
MSC – Células Estaminais Mesenquimatosas
PDGF – Fator de Crescimento Semelhante à Insulina
PRP – Plasma Rico em Plaquetas
RTA – Rotura do Tendão de Aquiles
TA – Tendão de Aquiles
VE – Vesículas Extracelulares

Índice

Resumo	i
Abstract	ii
Lista de abreviaturas	iii
Índice	iv
Introdução	1
Anatomia do Tendão de Aquiles	2
Vascularização e Inervação	3
Histologia	4
Epidemiologia e Etiologia da Rotura do Tendão de Aquiles	5
Manifestações Clínicas e Diagnóstico	7
Manobra de Thompson	7
Teste de O'Brien	8
Teste de Copeland	8
Exames Complementares	8
Classificação das Roturas do Tendão de Aquiles	9
Classificação de Thompson	9
Classificação de La Fontaine	10
Tratamento da Rotura do Tendão de Aquiles	11
Tratamento Conservador	11
Tratamento Cirúrgico	12
Cicatrização, Taxas de Re-rotura, Retorno à prática desportiva e Taxas de Complicações	17
Novas Abordagens Terapêuticas	19
Reforço com Fibrina Rica em Plaquetas	19
Técnica de Sutura com Fios de Alta Resistência	20
Técnica Endoscópica com Implante de Ancoragem	21
Técnica com Implante de Matriz de Colagénio	21
Técnica de Bioengenharia de Tecidos	22
Reabilitação	24
Reforço Biológico com Células Mesenquimatosas	24
Terapias de Ondas de Choque Extracorpóreas	25
Laserterapia	26
Realidade Virtual para a Reabilitação Pós-Cirúrgica	27
Conclusão	28
Referências	29

Introdução

Os tendões, pelas suas características anatómicas e fisiológicas, além de estabelecerem a ponte entre os ossos e os músculos, e com isso permitir que a força de contração muscular seja transmitida a estes últimos, ainda desempenham funções de resistência à tração e regulação do movimento.¹ O TA com localização anatómica na região posterior da perna, resultado da fusão dos músculos gastrocnémio e solear, é considerado o mais robusto do corpo humano e tem, graças não só a esta característica como também à sua notável espessura, a capacidade de suportar até 12 vezes o peso corporal durante a atividade física, conferindo-lhe indiscutível importância biomecânica.^{1,7} Mesmo dotado de tais características, é vulnerável a inúmeras lesões, em especial no género masculino e com idades compreendidas entre 30 e 50 anos.⁵ Praticantes de desportos de alta intensidade, cujo mecanismo aceleração-desaceleração está presente, como sejam futebol, basquetebol, padel e corrida, por exemplo, têm suscetibilidade acrescida. Assim, este mecanismo de variação rápida de velocidade, entendido como um grande fator de risco associado à rotura tendinosa, revela-se um ponto fulcral para o entendimento e prevenção dessas lesões.¹² O mecanismo de lesão mais usual é a contração súbita.⁵

Uma grande parte da literatura médica categoriza como extrínsecos e intrínsecos os diversos fatores que aumentam a suscetibilidade deste tendão a lesões.^{3,5} Dentro dos fatores intrínsecos consideram-se idade avançada, sexo masculino, predisposição genética para o desenvolvimento de tendinopatias, comorbilidades sistémicas como diabetes e doenças reumatológicas, determinados fármacos ou alterações como pé plano e tornozelo valgo.^{12,14} A nível dos fatores extrínsecos, fatores como exercício físico vigoroso, carga excessiva, calçado impróprio ou treinos inadequados ganham relevo.^{12,14}

Uma vez rompido, o TA irá afetar de forma avassaladora os atletas e condicionará o seu retorno à prática desportiva. Somente 70% destes poderão recuperar devidamente e voltar ao mesmo nível de atividade desportiva após uma lesão deste tipo.^{12,13} Também as tendinopatias, com presença de dor crónica e degeneração do tendão, são condições que têm aumentado em especial na população mais idosa e sedentária.³

Atualmente existem múltiplas abordagens no tratamento da tendinopatia. Nos casos menos graves está indicado repouso, aplicação de gelo, fisioterapia ou utilização de medicação anti-inflamatória, práticas associadas ao tratamento conservador.^{1,2}

Embora diferentes, ambas visam os mesmos objetivos clínicos como alívio da dor, restauro da funcionalidade e regresso à prática desportiva.⁴³ Sendo que no caso particular do desporto torna-se como prioritária a reabilitação funcional rápida de forma que o atleta seja capaz de suportar cargas maiores até à rotura, com promoção de retorno mais rápido, fiável e seguro.¹

Em suma, as lesões do TA, pelo impacto negativo na vida dos pacientes e condicionamento das suas atividades físicas, constituem um grande desafio para os profissionais de saúde.³

Esta tese tem como propósito a revisão da literatura médica relativa ao TA, mais concretamente a sua anatomia, fatores de risco e abordagens atuais inovadoras. Tal será feito com recurso a artigos, de anos mais recentes e de elevada relevância científica em bases de dados como PubMed, Web of science ou Scopus, tornando possível a elaboração de um documento que auxilie os profissionais de saúde e trazendo o que há de novo relativamente ao seu tratamento.

Anatomia do Tendão de Aquiles

O tendão de Aquiles, com funções de estabilização e propulsão durante o movimento, é formado pela fusão das fibras musculares do gastrocnémio e do solear, pertencentes ao grupo muscular posterior da perna, e com inserção no calcâneo.¹ Com um comprimento aproximado de 15cm e 6cm de largura, está envolvido por fáscia e pele e separa-se dos músculos profundos da perna e dos vasos sanguíneos da mesma região por um espaço preenchido com tecidos areolar e adiposo.² Lateralmente e superficialmente encontra-se adjacente à pequena veia safena. Graças à estrutura e composição histológica este tendão possui a capacidade de adaptação de modo a aguentar forças de tensão decorrentes das atividades físicas diárias, assim como tolerar cargas extremas exigentes durante atividades atléticas e desportivas intensas.^{1,2,3} A flexão plantar do tornozelo, essencial para a marcha, corrida ou salto, é resultado da ação do TA e decorre da contração dos músculos da perna que lhe transmitem essa força, impulsionando o corpo para frente.^{4,5,7}

Músculos do grupo superficial: Gastrocnémio e Solear

Gastrocnémio

É o mais superficial dos dois e constitui a maioria da perna. Formado por duas cabeças distintas, configuram uma estrutura bastante robusta, conferindo-lhe um carácter essencial na biomecânica do membro inferior.⁶

- **Origem Dupla:** a cabeça medial origina-se numa depressão na porção superior e posterior do côndilo femoral medial com extensão até à região adjacente do osso.² A lateral tem origem na impressão do côndilo femoral lateral, imediatamente acima da sua porção lateral. Ambas se inserem parcialmente na cápsula articular do joelho.^{2,6,8} Assim, esta dualidade na origem das cabeças favorece a função coordenada na formação do TA potenciando a sua capacidade de produzir movimento e estabilidade articular.⁸
- **Expansão Tendinosa:** Cada porção muscular é recoberta, posteriormente, por uma camada aponevrótica que resulta da extensão de ambas as cabeças e é na sua porção anterior das expansões tendinosas que têm origem as fibras musculares da cabeça medial e da lateral, sendo as primeiras mais espessas e longas.² Esta disposição anatómica confere estabilidade e potência durante a contração muscular e o movimento do pé.^{6,8}
- **Convergência e Inserção:** A linha tendinosa é resultado da convergência das fibras musculares na linha média do músculo e esta linha prolonga-se numa ampla aponevrose na face anterior do músculo, que também serve de inserção para outras fibras. É graças à junção gradual da aponevrose que o tendão do solear se funde e origina o TA.⁸

Solear

Músculo plano e largo, o que proporciona a estabilidade necessária a essa região, e situa-se logo abaixo do gastrocnémio. Ainda, pelo facto de possuir uma extensa origem permite uma base sólida para a ação impulsional deste grupo muscular.^{6,2}

- **Origem Abrangente:** As suas fibras tendinosas originam-se posteriormente na cabeça do perónio e no terço pósterio-superior do corpo da tibia. A complementar a formação muscular está a linha poplítea, o terço médio do bordo medial da tibia e um arco tendinoso que se localiza anteriormente aos vasos poplíteos e ao nervo tibial, conferindo um suporte adicional a toda a estrutura musculotendinosa.²
- **Terminações Convergentes:** É ao nível da aponevrose que recobre toda a superfície posterior do músculo que as fibras musculares do solear terminam e é através desta aponevrose que ao tornar-se sucessivamente mais estreita e espessa converge para se unir ao tendão do gastrocnémio, terminando na formação do TA. Este processo de fusão fibras-aponevrose proporciona a propagação eficaz das forças ocasionadas pela contração muscular para o calcâneo.^{2,6}

Tríceps Sural

Resulta da união do gastrocnémio e do solear e é este potente grupo muscular que impulsiona a flexão plantar do tornozelo e permite a estabilidade local, assegurando deste modo a propulsão e estabilidade da perna durante as ações de saltar, correr ou andar.^{2,6}

Embora a composição habitual seja a referida, existem variações anatómicas no grupo superficial, tais como tendões acessórios ou mesmo alterações a nível da origem e inserção das fibras musculares que irão favorecer a heterogeneidade morfológica dessa região. Deste modo, é essencial também reconhecer e conhecer estas variações para que seja possível o diagnóstico e tratamento eficazes em situações de lesão ou disfunções associadas.^{2,6,9}

Vascularização e Inervação

Pelas características anteriormente referidas, a nível funcional e importância biomecânica, e de forma a providenciar nutrição, sensibilidade e controlo motor do tendão, esta estrutura requer suprimento sanguíneo constante e estimulação nervosa mantendo, assim, a sua função e firmeza.^{1,7,10}

Vascularização

- **Artéria Tibial Posterior:** É a principal artéria a irrigar o tendão, mas a partir desta partem várias perfurantes, por todo o percurso, e que ao penetrar no tendão propiciam alimentos como nutrientes, oxigénio e metabolitos fundamentais às células deste, suportando a sua atividade metabólica e reparadora.^{7,10}

- **Extensa Rede Capilar:** É a extensa e complexa rede capilar que providencia a difusão de nutrientes e a remoção dos produtos resultantes do metabolismo.¹⁰

A maioria das roturas do TA ocorre no mesmo local, nomeadamente na junção entre os terços medial e distal. Tal poder-se-á dever à débil irrigação dessa área por um vaso único e relativamente pequeno, a artéria peronial posterior.

A sua vascularização intrínseca é limitada, pois os vasos sanguíneos estão concentrados na periferia, entre as fibras tendinosas, e menos no interior do tendão.¹⁰

Uma correta e competente vascularização é fulcral para o fenómeno de cicatrização de lesões tendinosas, conduzindo a proliferação celular, síntese de colagénio e a reparação tecidular, assegurando as respostas inflamatória e reparadora eficazes e que são essenciais após a lesão. Deste modo, a avaliação e gestão cuidadosas do fluxo sanguíneo nestes tecidos, em contexto clínico será determinante para o sucesso do tratamento.^{1,7,10}

Inervação

Do plexo lombossacral partem ramos do nervo tibial, dos quais os nervos sural e plantar médio desempenham papel primordial ao fornecer inervações sensitiva e motora a este tendão.¹ A sensitiva contribui para a propriocepção para que exista controlo preciso dos músculos da perna e do tornozelo durante a locomoção e com os convenientes acertos no equilíbrio e postura. Já a motora possibilita o controlo dos músculos gastrocnémio e solear.^{1,7}

Lesões nestes nervos têm implicações ao nível da sensibilidade e propriocepção ficando o controlo motor e a capacidade de o corpo percecionar a sua posição e movimento afetados, o que aumentará o risco de queda e instabilidade durante a marcha e desenvolvimento de dor neuropática que poderá ser debilitante e com forte interferência em atividades habituais diárias.^{7,10}

Histologia

A organização histológica do TA, complexa e especializada, confere-lhe características como resistência, elasticidade e a função biomecânica ideal.³ Possui na sua composição:

- **Fibras de colagénio tipo I:** são o principal componente da matriz extracelular possuindo uma organização de feixes paralelos ao longo de um eixo longitudinal.¹¹ Esta disposição confere resistência à tração e elasticidade, de modo que a transferência de força, durante a locomoção, seja mais eficiente.^{7,11}
- **Tenócitos:** estas células especializadas com responsabilidade ao nível da síntese, remodelação da matriz extracelular e reparação e com disposição entre as fibras de colagénio, mantêm a integridade do TA e a sua adaptação às necessidades biomecânicas, havendo, assim, resposta dinâmica às tensões a que o tendão está sujeito.^{3,12}

- **Outras macromoléculas:** Macromoléculas como elastina, glicoproteínas e proteoglicanos que desempenham funções ao nível da promoção de flexibilidade, hidratação e integração celular são moléculas que auxiliam na estrutura e função adequadas do tendão.¹²

Todos estes componentes têm contribuições para o tendão permitindo-lhe suportar as forças impostas na locomoção e nas atividades físicas, manutenção da sua integridade estrutural e adaptação às exigências do ambiente.^{11,12}

Pode ser feita uma subdivisão, em diferentes zonas, relativamente à estrutura histológica do tendão. Assim, consideram-se três zonas:^{3,7,11}

- **Tendinosa** – é a região predominante com marcada densidade de fibras de colagénio e fibroblastos, de elevada resistência e elasticidade
- **Fibrocartilaginosa** – garante a sólida fixação do tendão ao osso
- **Transição** – compreendida entre o músculo e tendão, é resultado de uma mistura de fibras tendíneas e musculares.

Cada uma destas regiões apresenta características histológicas específicas que se relacionam com as forças mecânicas e a função biomecânica do tendão.¹²

A envolver o tendão existe uma fina e solta bainha de tecido conjuntivo que, além de promover a nutrição e proteção, providencia lubrificação para que este deslize eficazmente relativamente às estruturas circundantes, durante o movimento, reduzindo o atrito e facilitando a mobilidade. Torna-se, portanto, necessário garantir a integridade desta camada, com especial atenção durante procedimentos cirúrgicos, nomeadamente os que envolvem a reparação do tendão, pelos benefícios que confere ao TA e para evitar complicações como aderências ou cicatrizes que comprometam a mobilidade do tendão.^{11,12}

Epidemiologia e Etiologia da Rotura do Tendão de Aquiles

Investigações Epidemiológicas

Determinados tendões, como o caso do TA, atuam em ambientes de sobrecarga, com exigências metabólicas acrescidas, o que fomenta a probabilidade de rotura e o desenvolvimento de condições crónicas, como tendinopatias, com características como cronicidade da dor e perda de funcionalidade, para além da sua suscetibilidade a distúrbios metabólicos.^{5,12}

Incidência e Tendências Temporais

Muito embora, ao longo das últimas décadas, tenha ocorrido um aumento do número de ocorrências relatadas, a incidência desta rotura varia consideravelmente na literatura, sendo que nos mais recentes estudos epidemiológicos destaca-se uma tendência crescente em várias regiões do mundo.¹⁴ Estima-se que, tendo por base a literatura atual, a taxa de incidência ronde os 40 casos por cada 100.000 pacientes/ano, com uma amplitude variável entre 1,8 e 51,3 casos/100.000 pacientes/ano. Tal tem um impacto significativo ao nível saúde pública.⁵

Fatores de Risco

Como lesão incapacitante que é, a RTA, mesmo não estando completamente compreendida, parece ter carácter multifatorial.³ Na literatura, os autores catalogam as causas para esta lesão em fatores extrínsecos e intrínsecos.^{5,14}

Entendem-se por intrínsecos, os que influenciam diretamente a composição e resistência deste tendão, derivados de características do próprio organismo; inclui idade, género, condições médicas e uso de determinados medicamentos, assim como fatores vasculares.^{12,13} A prevalência aumenta com a idade, em especial após os 40 anos o que poderá dever-se à degeneração do tecido tendinoso.⁵ Em comparação com as mulheres, os homens apresentam maior propensão a estas roturas, embora tal exija maior força para que ocorram. Um estudo sistemático, analisando publicações entre 2001 e 2021, concluiu que, comparativamente às mulheres, os homens tendem a apresentar tendões de Aquiles mais longos e espessos, mas com menor deformação e compliance, o que reduz a capacidade de adaptação do tendão e aumenta o risco de lesão.³

O uso de medicamentos como corticosteroides, antibióticos fluoroquinolonas e bifosfonatos orais pode fragilizar o tendão e aumentar o risco de lesões. Doença renal crónica, produção deficiente de colagénio, artrite reumatoide, distúrbios da paratiroide (hiperparatiroidismo) e tireoide, bem como diabetes mellitus, também contribuem para o aumento do risco de rotura.¹⁴ A irrigação sanguínea deste tendão é relativamente pobre na sua parte média o que pode facilitar a rotura.³

Por fatores extrínsecos consideram-se os que provocam lesão no tendão através de fatores externos ao homem, como atividade física, sobrecarga, calçado inadequado ou fatores biomecânicos.¹³ Portanto, a prática de desporto de alto impacto, como corrida, padel, futebol e basquetebol, a execução de treino excessivo ou o aumento súbito da intensidade poderão incluir uma súbita e forçada flexão plantar do pé e/ou trauma direto.^{1,5} O mau aquecimento antes do exercício físico, gastrocnémio-solear com flexibilidade e força insuficientes, o uso de calçado inadequado para a prática desportiva ou alterações no alinhamento do tornozelo, como o pé plano ou valgo são alguns fatores extrínsecos que poderão aumentar a carga sobre o tendão e/ou incrementar o risco de rotura.⁵

A combinação de áreas menos vascularizadas com microtraumas de repetição associadas a um tendão que se apresente com uma condição mais rígida e de menor elasticidade, decorrentes de alterações na reticulação do colagénio que compõe o tendão, na sequência do processo normal de envelhecimento, não permitirão que este consiga acompanhar as tensões constantes e sobrecargas mecânicas ocorrendo, assim, provavelmente, a rotura num tendão mais degenerado e menos vascularizado.¹⁴

Estudos recentes reconhecem novos fatores de risco como a genética, uma vez que esta pode tornar os indivíduos mais suscetíveis a lesão, fatores psicológicos como stress e ansiedade ou mesmo deficiências nutricionais como sejam a falta de vitamina D e colagénio que podem contribuir para o aumento da fragilidade do tendão.^{3,14}

Manifestações Clínicas e Diagnóstico

Uma boa e minuciosa história clínica juntamente com um cuidadoso exame físico, normalmente, são suficientes para a obtenção do diagnóstico da RTA.¹⁵ Esta lesão manifesta-se, clinicamente, de forma aguda, havendo relatos de dor súbita e intensa no terço distal posterior da perna, 2 a 6 cm acima da inserção do tendão.^{15,16} Muitos pacientes descrevem mesmo como uma dor em “pancada”. Acresce a incapacidade de flexão do tornozelo, que também é bastante comum, perda de força da perna afetada, com dificuldade a subir escadas ou permanecer em ponta dos pés, edema e hematoma na área da lesão também poderão ser referidos ou mesmo observados.^{17,19}

Vários fatores influenciam as manifestações clínicas, de modo que diferenças na gravidade dos sintomas podem ocorrer na dependência da extensão da rotura, seja esta parcial ou total.¹⁵ De salientar que o tempo decorrido desde a lesão deve ser sempre considerado uma vez que o edema e dor podem diminuir com o tempo, mesmo que a recuperação possa demorar meses.¹⁸ Parâmetros como idade e atividades dos pacientes também têm influência, já que pacientes mais jovens e ativos possuem, tendencialmente, recuperações mais rápidas.^{17,19}

Há vários testes que podem ser utilizados para confirmação do diagnóstico da RTA. Enumeram-se os seguintes:

Manobra de Thompson

Também designado como teste de Simmonds, é um exame de fácil aplicação, rápido e não invasivo. Tem grande utilidade para identificar roturas, principalmente em situações de urgência, com sensibilidade e especificidade altas, 96% e 93% respetivamente.^{4,21}

Não necessita de equipamento, facto que lhe possibilita rápidas conclusões, uma vez que é realizada em segundos. Tem, portanto, alta capacidade diagnóstica.²²

Durante o teste, o paciente assume a posição de decúbito ventral, com os pés pendentes na maca. O médico examina visualmente o tendão, procurando qualquer sinal de deformidade, edema ou “gap” anormal e palpa-o com os dedos, para sentir qualquer laceração, lacuna ou depressão sugestivas de rotura. Depois, com compressão direta e firme na perna, imediatamente acima do tendão, observa a resposta do pé do paciente.^{20,21}

- **Teste Positivo:** Se não houver flexão plantar ou se for significativamente reduzida, com a compressão, sugere rotura. O pé não responde à compressão, indicando falha na transmissão de força do músculo para o pé devido a rotura.
- **Teste Negativo:** Havendo flexão plantar normal em resposta à compressão, então poderá estar intacto.

A sua conclusão definitiva está condicionada nos casos de roturas parciais, havendo necessidade de confirmação com recurso a exames complementares de diagnóstico, ou à ação do plantar delgado.¹⁹

Teste de O'Brien

Complementar ao de Thompson, este teste propõe-se incrementar a precisão do diagnóstico da rotura. Com o paciente em posição de decúbito ventral e o pé afetado em dorsiflexão máxima, avalia-se a resposta do paciente à compressão da região posterior da perna, promovendo a flexão plantar do pé. De seguida é visualizada a resposta do paciente.^{22,4}

- **Teste Positivo:** Manifestação de dor ou desconforto na região do tendão durante a compressão, sugerindo a possibilidade de rotura parcial ou completa.
- **Teste Negativo:** Ausência de dor, indicando a integridade do tendão.

A utilização da dorsiflexão do tornozelo coadjuva na eliminação dos fatores interferentes, o que lhe confere maior precisão diagnóstica.¹⁹

O facto de ser menos confortável para o paciente e a presença de deformidades no tornozelo dificultam a realização adequada da manobra, tendo como consequência o comprometimento da sua precisão.²²

Teste de Copeland

O seu propósito original seria avaliar a integridade do TA e consiste em manobras clínicas que procuram provocar dor e detetar anomalias na região afetada.²³ A posição do paciente é a mesma dos testes anteriores, mas neste caso o pé estará em posição neutra. Com movimentos ativos e passivos, como flexão dorsal e plantar, inversão e eversão e rotação interna e externa, executados pelo examinador, este observa a resposta do paciente.¹⁹ A presença de dor ou desconforto sugere possíveis lesões no TA, enquanto a sua ausência indica a integridade do tendão.²³

As suas eficácia e precisão não são unânimes e os seus resultados são inconsistentes com sensibilidade entre 42-94% e especificidade 40-92%. A experiência do examinador, a gravidade da lesão e comorbilidades influenciam a precisão do teste.²²

Exames Complementares

- **Radiografia:** mesmo não conseguindo identificar a rotura em todos os casos, é um dos exames de rotina considerados.²⁴ Com utilidade para descartar outras fraturas ou lesões ósseas associadas e evidenciar calcificações do tendão como nos casos de tendinite crónica ou degeneração.^{25,26}
- **Ecografia:** exame de imagem com frequência utilizado na abordagem inicial dadas as suas características como disponibilidade, baixo custo, carácter não invasivo e capacidade de fornecimento de imagens em tempo real.²⁷ Assim, proporciona uma avaliação detalhada da morfologia, integridade, espessura e vascularização do tendão e permite ainda a identificação de defeitos para além de avaliar a extensão da lesão, o que lhe confere a utilidade de identificar roturas parciais, hematomas e outras alterações intratendinosas.²⁵ Uma vez que é possível realizar uma avaliação dinâmica concomitante à contração muscular auxilia ainda mais na diferenciação de lesões agudas e crónicas. Toda a acuidade que se relaciona com este exame é operador dependente.²⁸

- **Ressonância Magnética Nuclear (RMN):** considerado o “Gold Standard” na avaliação da RTA, destaca-se como o exame de imagem mais específico e sensível.³⁰ Proporciona elevada resolução espacial, em variados planos, e contraste, permitindo a avaliação aprofundada não só do tendão como também de músculos, ligamentos, cartilagens e ossos adjacentes, o que torna a análise da extensão da lesão mais precisa.^{6,30} Embora seja muito útil a diferenciar roturas parciais de completas, também se mostra muito eficaz a detetar complicações como edema, hematoma ou mesmo degeneração tendinosa.²⁹ Como desvantagens, a referir o elevado custo, prolongado tempo de execução do exame e a existência de contraindicações a determinados pacientes.³⁰
- **Tomografia Computorizada:** não tão utilizado quanto a RMN ou a Ecografia,³¹ mas pode ser importante na avaliação em casos selecionados, em pacientes com contraindicação à RMN ou na presença de dispositivos implantados.³² A destacar a sua excelente resolução espacial e utilidade na identificação de fragmentos ósseos associados à lesão ou calcificações do tendão. A exposição à radiação ionizante e o menor detalhe tecidual, comparativamente à RMN constituem desvantagens.³¹

De modo a obter um diagnóstico mais preciso de RTA pode ser feita a combinação de diferentes exames, tais como o teste de Copeland, Radiografia, Ecografia e RMN, permitindo uma avaliação mais completa e precisa de modo que se aproveitem as vantagens de cada modalidade de imagem e com base nas características clínicas do paciente, na disponibilidade de recursos e nos objetivos do diagnóstico.

Classificação das Roturas do Tendão de Aquiles

A classificação precisa da RTA é crucial na escolha do tratamento mais adequado, seja conservador ou cirúrgico, no planeamento cirúrgico, se necessário, em termos de abordagem e técnica, e no prognóstico de recuperação.³⁴ Assim, a avaliação clínica, a colaboração multidisciplinar e a imagiologia constituem elementos essenciais para uma abordagem abrangente. Todo este processo de classificação é dinâmico, podendo sofrer alterações ao longo do tempo, de acordo com a evolução do quadro clínico.³⁵

Classificação de Thompson

É das mais utilizadas para categorizar RTA,¹⁵ dividindo-se em dois tipos principais de lesões:

- **Tipo I (completa):** caracteriza-se pela laceração total do tendão, com separação completa das suas extremidades. Pode ocorrer ao nível da inserção calcânea, mais comum neste local, como na porção média do tendão.³⁷
- **Tipo II (parcial):** embora exista laceração, há preservação parcial da continuidade com fibras intactas. A sua localização habitual é ao nível da porção média e pode ser ainda

subdividida em diferentes graus, com base na percentagem de envolvimento do tendão. As mais extensas terão, certamente, um impacto funcional mais significativo.³⁷

Embora haja uma ampla utilização desta forma de classificação, a falta de especificidade de detalhes ao nível da extensão e localização exata da lesão, bem como o envolvimento de estruturas adjacentes, a inexistência de correlação entre o tipo de lesão e o tratamento mais adaptado ou mesmo o prognóstico constituem limitações, sendo, portanto, necessária a sua combinação com outros exames clínicos e imagiológicos.³⁶

Classificação de La Fontaine

Propõe uma abordagem mais abrangente para a classificação de roturas do TA, levando em consideração não apenas a integridade do tendão, mas também fatores anatómicos, mecanismos de lesão e características clínicas, permitindo maior detalhe e como tal inferir sobre a gravidade com vista a seleccionar um tratamento mais adequado e de forma individualizada.³⁴

Tipos de Lesão

A Classificação de La Fontaine divide as roturas do TA em quatro tipos³⁵:

- **Tipo I (Inserção Distal):** Localizada na inserção distal do tendão no calcâneo, sendo a mais comum entre os tipos.
- **Tipo II (Média):** Ocorre na porção média do tendão, frequentemente associada a fatores degenerativos e sobrecarga crónica.
- **Tipo III (Inserção Proximal):** Localizada na inserção proximal do tendão no músculo gastrocnémio.
- **Tipo IV (Complexa):** Engloba lesões que não se enquadram nas categorias anteriores devido à extensão, envolvimento de estruturas adjacentes ou características clínicas complexas.

Tratamento da Rotura do Tendão de Aquiles

A gestão eficaz da RTA é fundamental para a recuperação do paciente e para a minimização das complicações a longo prazo.

Ao longo dos anos, como forma de tentar alcançar progressos nesta área, têm sido desenvolvidos estudos com vista à melhoria das abordagens do tratamento da RTA, desde conservadoras até ao desenvolvimento de técnicas inovadoras.

Além disso, programas de reabilitação personalizados, incorporando modalidades de exercício específicas e técnicas de fortalecimento, têm-se revelado fundamentais para uma recuperação completa e para a prevenção de recidivas.⁴ As opções terapêuticas podem ser divididas em dois grandes grupos:

- **Tratamento Conservador**
- **Tratamento Cirúrgico**

Tratamento Conservador

O tratamento conservador tem sido tradicionalmente considerado em diversas situações clínicas, uma vez que é uma abordagem viável para casos de lesões parciais, onde apenas parte do tendão é afetada.¹ Está indicado nos casos de pacientes com comorbilidades e que constituem contra-indicação ao procedimento cirúrgico, pois podem aumentar ainda mais o risco de complicações. Nos casos de pacientes com baixo nível de atividade física em que não há necessidade de plena funcionalidade do tornozelo para as suas atividades habituais, este tipo de tratamento também poderá ser preferencial.³⁹ Assim, o tratamento conservador constitui uma alternativa eficaz e segura em distintos contextos clínicos, promovendo uma adequada recuperação da lesão.⁴

Vantagens

Apresenta vantagens para a RTA que o tornam numa opção atrativa em vários cenários, destacando a importância e viabilidade deste tratamento como sendo eficaz e acessível em termos económicos.³⁹

- Destaca-se a o carácter menos invasivo dessa abordagem, que evita os riscos e traumas associados aos procedimentos cirúrgicos.
- Em casos específicos a sua recuperação poderá ser mais rápida, comparativamente à cirurgia, de forma que o paciente retorne às atividades habituais num período mais curto.
- Menor custo associado, pois não carece de internamento e despesas associadas.

Protocolo de Tratamento:

O tratamento conservador geralmente envolve uma combinação de:⁴⁰

- **Imobilização:** Inicialmente, o tendão é imobilizado com o pé em posição de flexão plantar por um período de 6 a 8 semanas, recorrendo a gesso, tala ou bota walker.
- **Repouso:** É fundamental evitar atividades que coloquem tensão no tendão durante o período de imobilização.
- **Fisioterapia:** Após o período inicial de imobilização, a fisioterapia através de exercícios específicos de alongamento e fortalecimento dos músculos da perna, é crucial para

recuperar a amplitude de movimento, força muscular, propriocepção e função do tornozelo.⁴²

- **Analgésicos e Anti-inflamatórios:** Medicamentos podem ser utilizados para controlar a dor e a inflamação.

Desvantagens⁴¹

- Uma das principais preocupações é o risco aumentado de recidiva da lesão, ou seja, a possibilidade de ocorrência de re-rotura do tendão após o tratamento conservador. Estudos indicam que esse risco é maior em comparação com a abordagem cirúrgica, o que pode influenciar a escolha terapêutica, especialmente em pacientes mais jovens ou ativos.
- Está descrito que em alguns casos, após esta modalidade de tratamento a função do tornozelo poderá ser inferior comparativamente à atingida por via cirúrgica, o que resultará em limitações funcionais e consequentemente maiores dificuldades nas tarefas do cotidiano.
- Tempo prolongado necessário para uma recuperação praticamente completa.

Uma vez que a reabilitação e o retorno às atividades poderão ser mais demorados, condicionando a qualidade de vida dos pacientes a curto prazo, há necessidade de considerar estes aspectos e explicá-los ao paciente permitindo assim uma decisão terapêutica informada e adequada às necessidades deste.⁴³

Tratamento cirúrgico

Esta modalidade de tratamento continua a ser fundamental para inúmeras formas de apresentação de RTA.¹ Esta intervenção é especialmente indicada em cenários como roturas completas, onde ocorre a separação total das extremidades do tendão, assim como em casos de roturas parciais em pacientes com exigências funcionais elevadas, como o caso de atletas. Além disso, indivíduos com um alto nível de atividade física ou aqueles que experimentam roturas agudas e mantêm um estilo de vida ativo podem beneficiar significativamente do tratamento cirúrgico.³⁹ Nestes casos é imperativo a adoção de métodos que restaurem a integridade do tendão e fortaleçam a função do membro afetado. Para a escolha da melhor abordagem é importante considerar não somente a natureza da lesão, mas as especificidades do paciente e a experiência do cirurgião.^{1,4}

Objetivos da Cirurgia

Os objetivos cirúrgicos são multifacetados e visam diversas configurações do processo de recuperação do paciente.⁴ Primeiramente, a restauração da anatomia do tendão é crucial, com a reparação da rotura e reposicionamento na posição anatômica original. Este passo é fundamental para garantir a integridade estrutural do tendão e permitir uma recuperação funcional adequada do membro afetado.⁴³ Além disso, a cirurgia busca promover a recuperação da função normal do tornozelo, incluindo a restauração da amplitude de movimento, força muscular e propriocepção, aspectos essenciais para que o paciente retome as atividades diárias

e desportivas com segurança e eficácia.³⁹ Por fim, a cirurgia também tem como objetivo a prevenção de recidivas, reduzindo o risco de uma nova rotura. Este componente do tratamento visa garantir uma recuperação duradoura e minimizar complicações futuras, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida do paciente a longo prazo.⁴³

Tipos de Cirurgia

Existem dois principais tipos de cirurgia para reparação da rotura do TA:

- Cirurgia Tradicional Aberta
- Cirurgia Minimamente Invasiva

Ambas têm os seus indicadores específicos, e a escolha entre elas depende das características individuais do paciente e da experiência e preferência do cirurgião.⁴³

Escolha da Técnica Cirúrgica

A seleção da técnica é uma decisão complexa e multifacetada, que leva em consideração diversos fatores. Dada a experiência profissional de cada cirurgião e suas habilidades distintas, a sua preferência pelas diferentes técnicas será de consideração valiosa.⁴⁴ Além disso, a gravidade da lesão também é um aspeto determinante, uma vez que roturas mais extensas e complexas podem requerer abordagens abertas tradicionais para garantir uma reparação adequada e reforço tendinoso.⁴³ É de extrema importância que a seleção da técnica seja feita de forma individualizada com vista à otimização dos resultados, diminuição de riscos e complicações e sempre considerando as particularidades do paciente.³⁹

Cirurgia Tradicional Aberta

A cirurgia tradicional aberta foi por décadas a principal opção para o tratamento de RTA, oferecendo uma abordagem direta e eficaz para reparar o tendão.³ No entanto, com o avanço das técnicas e o desenvolvimento de novas abordagens, esta vem perdendo espaço para métodos minimamente invasivos⁴⁶. O seu procedimento é composto por cinco fases:

Procedimento:^{43,49}

1. **Incisão:** Incisão cutânea de 6 a 10 cm é realizada na região medial ao TA, com cuidado para evitar o nervo sural.
2. **Exposição do Tendão:** O tecido subcutâneo e a fáscia são dissecados para expor o tendão. Dissecar a bainha do tendão.
3. **Sutura:** O tendão é reparado utilizando diversas técnicas, como a de Kessler, Bunnell ou Krackow. A escolha da técnica depende da gravidade da lesão e da preferência do cirurgião. Suturar a bainha do tendão.
4. **Reforço (opcional):** Em alguns casos, pode ser necessário realizar o reforço do tendão com técnicas como:
 - **Fáscia Turndown:** Criação de retalhos fasciais da aponevrose do gastrocnémio para reforçar a reparação.
 - **Reforço com Tendão Plantar Delgado:** Utilização do mesmo para reforçar a área reparada.
 - **Autoenxertos:** Utilização de músculos como o peroneal curto ou flexor do hálux para reforçar o tendão.

Considerações Adicionais

Em casos de roturas crônicas com lacuna tendinosa significativa, a criação de um túnel ósseo na tuberosidade do calcâneo pode ser necessária para a passagem do tendão e sua fixação.⁴³ Os enxertos de tendão sintéticos biocompatíveis emergem como uma área de pesquisa promissora, oferecendo potencial para facilitar o crescimento celular e melhorar o processo de cicatrização no futuro.^{45,46} Essas abordagens e materiais representam aspetos importantes a considerar durante o planeamento e execução do tratamento cirúrgico, visando a obtenção de resultados satisfatórios e a redução de complicações pós-operatórias.⁴⁹

Vantagens^{43,45,46}

- Proporciona uma visualização direta e completa do tendão rompido, permitindo a avaliação detalhada e precisa da extensão da lesão.
- Dada a grande amplitude de campo cirúrgico, podem ser realizados procedimentos de reparação mais complexos utilizando reforços locais, por exemplo, e assim assegurar maior robustez da reconstrução.
- Uma vez que é uma abordagem com vários anos, a maioria dos cirurgiões está mais familiarizados com esta técnica e tal será uma mais-valia para melhores resultados cirúrgicos e funcionais do paciente.

Desvantagens^{43,45,46}

- Maior trauma decorrente da cirurgia, com risco acrescido de hemorragia intraoperatória e infeção pós-cirurgia.
- Em termos estéticos, dada a extensão da incisão cirúrgica a cicatriz é de maiores dimensões e visível.
- Maior tempo de recuperação.
- Maior risco de necrose da pele e cicatriz dolorosa.
- Distância e acessibilidades aos cuidados médicos (pensos e fisioterapia)

Cirurgia Minimamente Invasiva

Surge como uma alternativa promissora à cirurgia tradicional aberta, oferecendo diversos benefícios aos pacientes.¹ A sua principal característica é a redução do tamanho da incisão, o que minimiza o trauma cirúrgico, a dor pós-operatória e o tempo de recuperação.⁴⁵

Técnicas de CMI

Uma das técnicas mais destacadas é a reparação por endoscopia, proposta por Chiu e colaboradores, com recurso a artroscópio de 4 mm para realizar a sutura do tendão por meio de oito pequenas incisões paratendinosas.⁴⁷ Outras abordagens minimamente invasivas têm sido desenvolvidas, como a cirurgia percutânea ecoguiada e a cirurgia com mini incisão, proporcionando alternativas eficazes. Essas técnicas visam minimizar o trauma cirúrgico, reduzir o risco de complicações pós-operatórias e acelerar o processo de recuperação dos pacientes.⁴⁸

Vantagens da CMI^{44,47,48}

- **Menor Trauma Cirúrgico:** com menor risco de infecção e menos dor pós-operatória.
- **Recuperação Mais Rápida:** Devido ao menor teor invasivo da cirurgia, os pacientes submetidos tendem a apresentar uma recuperação mais rápida, permitindo o retorno às atividades normais num período mais reduzido.
- **Menor Cicatriz:** As incisões realizadas durante a CMI são pequenas e discretas, resultando numa cicatriz esteticamente mais agradável e menos visível em comparação com as incisões da tradicional aberta.
- **Menor Risco de Complicações:** A CMI está associada a um menor risco de complicações pós-operatórias, como infecção da ferida cirúrgica ou trombose venosa profunda, proporcionando um resultado mais seguro para o paciente.

Indicações da CMI^{44,45,46}

- **Roturas Agudas do TA:** É particularmente adequada para o tratamento de roturas agudas do TA, especialmente quando realizada dentro das primeiras três semanas após a lesão. Nesse período, a intervenção cirúrgica minimamente invasiva pode ajudar a promover uma recuperação mais rápida e eficaz.
- **Pacientes com Alto Risco de Infecção:** Para pacientes com alto risco de infecção ou aqueles com condições médicas que podem comprometer a cicatrização adequada da ferida cirúrgica, esta pode ser preferível para reduzir o risco de complicações.
- **Histórico de Cicatrização Deficiente:** Indivíduos com histórico de cicatrização deficiente ou propensão a queloides podem se beneficiar da CMI devido à menor extensão das incisões e ao potencial de uma cicatrização mais favorável.
- **Recuperação Rápida e Estética:** Pacientes que desejam uma recuperação mais rápida, com menor tempo de inatividade e uma cicatrização mais estética, podem optar pela CMI. Essa abordagem permite um retorno mais rápido às atividades normais e resulta em cicatrizes menos visíveis.

Limitações da CMI

As limitações associadas à CMI dependem de vários fatores. Dentre essas limitações, destaca-se a curva de aprendizagem exigida pela técnica, que demanda uma maior habilidade técnica por parte do cirurgião.⁴⁸ Esta curva de aprendizagem prolongada é necessária para a aquisição de destreza e precisão na execução destas técnicas cirúrgicas.^{44,48} Além disso, algumas das técnicas minimamente invasivas requerem o uso de equipamentos específicos, o que representa outra limitação significativa.⁴³

Evidências Científicas

Estudos científicos têm corroborado a eficácia e segurança da CMI no tratamento de roturas do TA. Um exemplo elucidativo é o estudo realizado por Rungprai e Phisitkul, que investigou a reparação endoscópica nesse contexto específico⁶⁶. Os resultados obtidos revelaram que os pacientes submetidos a esta abordagem cirúrgica apresentaram um retorno satisfatório à atividade física, com desempenho semelhante ao período prévio à rotura do tendão. Além disso, o estudo demonstrou uma baixa incidência de complicações, incluindo uma taxa reduzida de infecção superficial, estimada em 4,3%. Destaca-se ainda a ausência de lesões do nervo sural e

trombose venosa profunda, indicando a segurança dessa técnica em termos de preservação da integridade neuro-vascular dos pacientes.⁶⁶ Esses resultados corroboram a eficácia e a viabilidade da CMI como uma opção terapêutica promissora para o tratamento das roturas do TA, fornecendo evidências substanciais para sua realização na prática clínica.⁴³

Técnicas Cirúrgicas Atuais

- **Sutura (Tenorrafia):** A sutura direta é uma das técnicas mais comuns utilizadas no tratamento de roturas do TA. Envolve a aproximação e fixação dos segmentos tendinosos rotos, restaurando assim o comprimento anatômico do tendão. Essa abordagem visa minimizar a perda de força muscular e promover uma recuperação mais rápida, facilitando o retorno às atividades físicas normais. É uma técnica consagrada, amplamente empregue na prática clínica devido à sua eficácia e simplicidade de execução.⁴⁹
- **Reparação com Enxerto:** A reparação com enxerto é uma abordagem cirúrgica aplicada quando há uma lacuna significativa no TA ou quando o tecido remanescente apresenta má qualidade. Nesse procedimento, enxertos de tendões de outras partes do corpo do próprio paciente ou de doadores são utilizados para preencher a lacuna e reforçar a estrutura do tendão. Essa técnica visa restabelecer a integridade deste, promover uma cicatrização adequada e melhorar os resultados a longo prazo, especialmente em casos de lesões extensas ou complexas.⁵⁰
- **Técnica Percutânea:** A técnica percutânea é uma abordagem cirúrgica que utiliza pequenas incisões na pele para aceder e reparar o TA, minimizando o trauma aos tecidos circundantes.⁵² A possibilidade de recuperação menos demorada e não tão dolorosa, assim como diminuição dos riscos inerentes ao procedimento, tais como infecções ou cicatrizes de grandes dimensões, tornam esta opção muito apelativa, sendo a preferida pelos pacientes quando a sua escolha recai por abordagens menos invasivas.^{51,53}
- **Técnica Endoscópica:** utilização de endoscópio para visualização e tratamento da lesão, com recurso a incisões mais pequenas.⁵⁴ Sendo uma técnica menos invasiva permitirá reduzir o impacto nas estruturas envolventes com menor dor e recuperação mais rápida. Além disso, as incisões menores proporcionam uma cicatrização mais estética.⁵⁵ O endoscópio oferece uma visão clara do tendão, facilitando a precisão na reparação. Essa técnica é preferida devido aos seus benefícios em termos de recuperação e estética quando comparada a abordagens mais invasivas.^{54,56}
- **Técnica de Transferência de Tendão:** Nesta técnica, outro tendão é redirecionado para substituir o TA lesado em casos complexos ou de grande perda de tecido tendinoso, ou no caso de roturas crônicas ou negligenciadas.⁵⁸ Isso restaura a função comprometida, envolvendo a transferência de tendões adjacentes para reconstruir parcial ou totalmente o tendão danificado.^{57,59} Essa abordagem é reservada para situações em que outras opções de reparo não são adequadas.⁶⁰
- **Técnica de Ancoragem:** Na técnica de ancoragem, o tendão é fixado ao osso utilizando âncoras que ao serem inseridas no osso providenciam uma vigorosa e robusta fixação,

tendão-osso, durante todo o processo de cicatrização graças à estabilidade desta e ao menor risco associado de re-rotura no pós-cirurgia.^{62,63} Expectativas de recuperação mais segura e eficaz do paciente, assim como cicatrização adequada e solidez de reparação são vantagens que se poderão atribuir a este procedimento.⁶²

Cicatrização, Taxas de Re-rotura, Retorno à prática desportiva e Taxas de Complicações

Cicatrização

O período médio de cicatrização de um tendão rompido, incluindo o de Aquiles, é bastante variável, e tal pode ser atribuída, em parte, ao facto de o tendão estar a cicatrizar num ambiente muito diferente daquele em que se desenvolveu durante o período fetal. Assim, a expectativa de uma função completa pode ser irrealista.³⁹ No entanto, é importante salientar que embora os tendões contenham células com propriedades semelhantes às estaminais, o seu papel no processo de cicatrização não está ainda bem definido. Na fase adulta, a forma como o tendão cicatriza pode ser influenciada pelo tipo de abordagem adotado, seja reparação cirúrgica ou conservadora, com recurso a imobilização.⁶⁴

Já há alguns anos que estudos prévios revelavam que o tratamento conservador, independentemente do retorno à atividade e regime de imobilização, acelerava a cicatrização do tendão, em comparação com a reparação cirúrgica, às 3 e 6 semanas após a rotura. Embora pudessem existir propriedades ao nível dos tecidos do próprio tendão que contribuíssem para uma melhoria na mecânica da fadiga, os mecanismos moleculares que resultavam nessa mudança eram desconhecidos.^{39,64}

Apesar dos benefícios do tratamento conservador, estes mesmos tecidos não regressam ao estado pré-lesão mesmo após 4 meses, destacando ainda mais a necessidade de compreender melhor as alterações moleculares que conduzem à cicatrização.⁶⁸

A cirurgia imediata exercerá alguma tensão sobre o tecido suturado, enquanto o enfaixamento isolado proporcionará um período prolongado de imobilização, no qual o processo de cicatrização avançará num ambiente inicial sem carga.⁶⁴

A sutura pode aumentar a tensão no local da lesão com limitação do efeito da fisioterapia e dos exercícios nos TA que têm a natural capacidade de adaptação à carga mecânica e pode ainda estimular a inflamação no tendão, contribuindo para a redução da sua capacidade de cicatrização.⁶⁸

As diferenças de cicatrização nos tratamentos cirúrgico e conservador das RTA podem dever-se à presença de diferentes populações de células recrutadas após a lesão.⁶⁴ Deste modo, a reconstrução cirúrgica dos tendões rompidos também pode afetar a sua capacidade de resposta à carga mecânica.⁶⁸

Embora nem todas as intervenções tenham avaliado a eficácia para a cicatrização do TA, estas incluem fatores de crescimento, acupuntura, PRP e variações, terapias celulares incluindo MSC, VE derivadas de MSC e outras preparações celulares.⁴

O uso de injeções de glicocorticoides, por exemplo, pode controlar a inflamação com o intuito de melhorar a cicatrização do tendão ou do ambiente de lesão, mas nem sempre se mostrou favorável, chegando a ser, em alguns casos, prejudicial para a cicatrização.⁶⁸

O uso de vesículas extracelulares (VE), que apresentam baixa imonogenicidade, pode oferecer a melhor oportunidade para incrementar a cicatrização, uma vez que contêm uma variedade de moléculas, como os miRNAs, que influenciam este processo.⁶⁴

Taxas de re-rotura:

As taxas de re-rotura apresentam-se significativamente menores quando se opta por cirurgia e reabilitação não acelerada.^{4,20} Parece haver indício que o envolvimento precoce da reabilitação pode não ser assim tão vantajosos para a recuperação funcional.⁴ A abordagem conservadora acompanhada de carga precoce do tendão lesado estimula a produção de colagénio e o processo de cicatrização, levando a uma taxa de re-rotura semelhante à do tratamento cirúrgico.⁶⁷

Taxas de complicações:⁶⁷

Os resultados gerais evidenciam taxas inferiores de complicações quando a abordagem após lesão é a conservadora.^{64,68}

- **Trombose venosa profunda:** consequência da imobilização com recurso a gesso, é a que se manifesta em maior número de abordagens conservadoras, não existindo evidência significativa numa melhor estratégia que consiga evitar tal complicação.⁶⁵
- **Adesão da cicatriz aos tendões subjacentes:** pode ter a sua incidência aumentada após cirurgia.
- **Distúrbios da sensibilidade:** tal alteração, devido a lesão do nervo sural, estará mais associada a pacientes sujeitos a cirurgia.
- **Infeção de ferida:** a abordagem conservadora mostrou menor incidência de infeção superficial após tratamento, comparativamente com a cirúrgica.

Novas Abordagens Terapêuticas

Além dos métodos mencionados, existem já abordagens inovadoras e que se revelam promissoras visando oferecer alternativas mais eficazes e menos invasivas com melhores outcomes no tratamento desta lesão.

REFORÇO COM FIBRINA RICA EM PLAQUETAS (PRP)

Cada vez mais acresce a necessidade de adotar estratégias de cicatrização mais eficientes e rápidas, uma vez que a RTA tem considerável impacto em atletas.^{13,18}

As injeções de PRP são concentrados de plaquetas que apresentam na sua constituição, frequentemente, vários fatores de crescimento, como por exemplo PDGF, EGF, FC transformante- β , FC endotelial, sendo que a estes tem sido atribuído um crucial papel na rotura e tendinopatia de Aquiles.⁶⁹

Após ativação dos concentrados de plaquetas, teoricamente, as injeções de PRP libertam concentrações bem acima das fisiológicas de fatores de crescimento autólogos que atuarão na cicatrização e regeneração das lesões musculoesqueléticas.⁷⁰

Estudos realizados em animais mostram que estas injeções além de acelerarem a recuperação histopatológica do TA, promovem o alívio da resposta inflamatória com consequente melhoria da regeneração tendínea e incrementavam a resistência global do TA.⁷¹

A nível humano, o PRP, evidenciou também papel na recuperação histopatológica, mas a sua ação em termos de cicatrização ainda é controversa.

Esta técnica envolve várias etapas:^{72,73}

- Colheita de sangue do paciente e posterior centrifugação deste para separar plaquetas do plasma
- Ativação das plaquetas, que pode ser realizada através de um agente ativador, como o cloreto de cálcio, para induzir a libertação dos FC nelas contidos. Pode ser adicionada trombina que contribui para a transformação do sangue em gel e assim aumentar de 2 a 6 vezes, em média, a concentração de plaquetas do PRP.
- Por fim, injeta-se através de agulha fina e de forma ecoguiada, o PRP diretamente na área de lesão. Podem ser administradas múltiplas injeções, o que estará dependente do protocolo de atuação.

Vantagens^{72,73}

- A utilização de material biológico do próprio paciente reduz os riscos de rejeição ou de reações adversas.
- Uma vez que o PRP inclui elevadas concentrações de FC e é injetado diretamente no local da lesão possibilita-se a estimulação da cicatrização e regeneração tecidual no ponto onde são mais necessários.

Desvantagens^{18,72,73}

- A falta de padronização dos protocolos de preparação do PRP que conduz a possíveis variações de concentração tanto de plaquetas como dos FC.
- A compreensão incompleta dos mecanismos de cicatrização do TA pelo PRP, pois os pormenores concretos da forma de interação destes fatores com as células do tendão não estão ainda bem explícitos.

As terapias com utilização de PRP têm obtido resultados bastante promissores, mas ainda não se podem retirar conclusões sustentadas uma vez que não existem, para já, documentados resultados sólidos da sua eficácia global no tratamento da RTA.¹⁸

Um estudo de meta-análise, com parâmetros como as taxas de retorno à prática desportiva, espessura do TA e também o grau de satisfação dos pacientes, desenvolvido por Dan Huang et al., concluiu que a utilização do PRP não modificou de forma expressiva os resultados.

Em síntese, parâmetros como composição do PRP, número de injeções, protocolos de reabilitação e critérios de avaliação devem ser melhor definidos, pois embora esta técnica se mostre promissora são imperativas mais pesquisas para ultrapassar tais condicionantes ao seu propósito.⁷¹

TÉCNICA DE SUTURA COM FIOS DE ALTA RESISTÊNCIA

A técnica de sutura com fios de alta resistência no tratamento da rotura do TA é um procedimento cirúrgico amplamente utilizado para restaurar a integridade estrutural do tendão após a lesão.⁷⁸

Este procedimento envolve como etapas:^{80,81}

- **Preparação Pré-Operatória:** antes da cirurgia, o paciente é submetido a avaliação clínica completa para avaliar a extensão da lesão (ecografia e/ou RMN) e determinar a melhor abordagem cirúrgica. A preparação inclui também administração de anestesia geral ou local, dependendo das preferências do paciente e equipa médica.
- **Acesso Cirúrgico:** o acesso ao tendão é feito através de incisão posterior ao tornozelo.
- **Preparação do Tendão Lesado:** após exposição, o tecido danificado é dissecado e preparado para sutura.
- **Sutura com Fios de Alta Resistência:** estes fios, geralmente de polietileno ou polipropileno, são passados através do tendão com recurso a técnicas específicas de sutura. Estes proporcionam uma forte fixação do tendão e permitem uma distribuição uniforme da carga durante o processo de cicatrização.
- **Fecho da incisão:** após sutura, a incisão é encerrada cuidadosamente em camadas, de forma a promover a cicatrização da pele e reduzir o risco de complicações pós-operatórias. A bainha do tendão deve ser suturada para evitar aderências.

Vantagens:⁷⁹

- Este tipo de sutura proporciona fixação estável do tendão, permitindo cicatrização adequada e recuperação funcional.

- É eficaz em restaurar a integridade funcional do tendão, ajudando a evitar re-rotura e promover recuperação mais rápida.

Limitações:^{79,80}

- Nos casos de lesões extensas ou crónicas do tendão, pode ser necessário recorrer a técnicas adicionais, como enxerto de tecido.

Esta técnica é, portanto, eficaz e amplamente utilizada no tratamento da rotura do TA, mas requer uma abordagem cuidadosa e individualizada para minimizar os riscos e maximizar os resultados clínicos.⁸¹

TÉCNICA ENDOSCÓPICA COM IMPLANTE DE ANCORAGEM

Trata-se de uma abordagem cirúrgica minimamente invasiva, quando a rotura ocorre junto ao calcâneo.

Técnica:^{83,84,85}

- São colocadas âncoras via endoscopia no calcâneo, que irão funcionar como pontos de ancoragem para as suturas usadas na reparação.
- As suturas ficam sujeitas a tensão e são fixadas fortemente nas âncoras.

Vantagens^{83,84,85}

- Uma vez que é menos invasiva, há menor trauma tecidual o que viabilizará uma recuperação mais rápida com associação a menor risco de complicações.
- Como a carga fica uniformemente distribuída durante o período de cicatrização, a probabilidade de re-rotura é diminuída.

Desvantagens^{86,87}

- Em comparação com as abordagens convencionais este procedimento pode requerer mais tempo e maior perícia técnica.

Limitações^{86,87}

- Não é adequada para todos os pacientes e/ou para lesões muito extensas.
- Para que haja sucesso e o mínimo de complicações os pacientes deverão ser criteriosamente selecionados e requer uma minuciosa avaliação pré-operatória.

TÉCNICA DE IMPLANTE DE MATRIZ DE COLAGÉNIO

Procedimento cirúrgico que envolve o uso de uma matriz biodegradável composta principalmente por colagénio, uma proteína presente nos tecidos conjuntivos do corpo.⁹⁹

Durante a cirurgia, a matriz é implantada na área de rotura do tendão para fornecer suporte estrutural adicional e promover a cicatrização do tecido lesado.^{97,98}

Esta matriz pode ser aplicada como um enxerto ou como um reforço para suturas primárias, servindo como um suporte estrutural adicional e fornecendo um ambiente favorável à cicatrização do tecido.^{96,98}

Vantagens:⁹⁹

- Suporte estrutural de modo a estabilizar a área e promover cicatrização
- Estímulo à regeneração tecidual, pois o colagénio da matriz é semelhante ao natural o que permite estimular a regeneração tecidual e ajudar à formação de tecido cicatricial de qualidade.
- Biodegradável, sendo gradualmente absorvida pelo corpo ao longo do tempo o que minimiza o risco de reações adversas ou complicações relacionadas ao implante permanente.

Desvantagens:⁹⁹

- Possíveis reações adversas, como inflamação, infeção ou rejeição do implante.
- O custo significativo do material da matriz de colagénio.
- O tempo de recuperação pode ser prolongado e requerer cuidados pós-operatórios adequados, incluindo fisioterapia e restrição de atividades.

Limitações:⁹⁹

- Eficácia variável, dependendo da gravidade, do estado de saúde do paciente e da técnica utilizada.
- Restrições de aplicação, pois em casos de roturas extensas ou crónicas esta técnica não se aplica.

TÉCNICA DE BIOENGENHARIA DE TECIDOS

A bioengenharia de tecidos é uma abordagem avançada, que envolve a criação de um substituto tecidual utilizando biomateriais e células do próprio paciente, com aplicabilidade ao nível das roturas crónicas.^{96,97} Pode ser considerada com uma técnica cirúrgica bastante promissora, como também com utilização na reabilitação pós-cirúrgica uma vez que esta abordagem permite o uso destes tecidos para criar scaffolds biocompatíveis que libertam fatores de crescimento e moléculas capazes de estimular a cicatrização natural do tendão após a cirurgia de reparação.

Vantagens:^{105,106,107}

- Personalização, uma vez que permite o fabrico de enxertos personalizados que se adaptam às características específicas de cada paciente, resultando numa melhor integração do enxerto e melhores resultados a longo prazo.
- Biocompatibilidade, pois são projetados para ser biocompatíveis, isto é, bem tolerados pelo organismo, reduzindo o risco de rejeição e complicações associadas.
- Potencial regenerativo para poderem estimular o processo de cicatrização e regeneração do tecido do TA, promovendo recuperação mais rápida e eficaz.
- Principalmente útil com roturas crónicas ou negligenciadas.
- Redução do risco de infeção, sendo este significativamente reduzindo, em comparação com enxertos de tecidos de origem externa.

Desvantagens: ^{105,106,107}

- É um procedimento cirúrgico complexo que requer equipamentos especializados e equipa experiente, o que poderá aumentar o tempo cirúrgico e o custo associado.
- O desenvolvimento e produção de enxertos personalizados utilizando as técnicas de bioengenharia são muito dispendiosos, limitando o acesso a esta forma de tratamento.

Apesar dos avanços significativos nesta área, ainda existem limitações tecnológicas em relação à disponibilidade de biomateriais adequados e à capacidade de produção em larga escala de enxertos personalizados.⁹⁶

Limitações ^{105,106,107}

- Parâmetros como vascularização e inervação são fundamentais para o sucesso desta técnica, pois delas depende o sucesso da integração do enxerto do biotecido no tecido circundante do tendão. Esta tarefa torna-se desafiante pela complexidade do procedimento.
- A sua realização exige infraestruturas e recursos que não estão disponíveis em todas as instituições de saúde.
- O seu grau de evidência ainda é limitado, implicando mais estudos clínicos que permitam documentar resultados a longo prazo.

Reabilitação

Lesões no tornozelo, como RTA ou tendinopatias são frequentes e com envolvimento considerável na função e qualidade de vida dos pacientes.

A reabilitação pós-tratamentos conservador ou cirúrgico é determinante para o êxito da recuperação e retorno às atividades. Trata-se, portanto, de um processo cujos planeamento e supervisão deverão ser criteriosos e efetuados por técnicos especializados.

Com vista à melhoria dos resultados clínicos, estão a ser colocadas em prática técnicas inovadoras ao nível da reabilitação, tais como:

REFORÇO BIOLÓGICO COM CÉLULAS MESENQUIMATOSAS

Uma vez que as terapias convencionais se têm revelado insuficientes para se poderem atingir resultados bem mais otimistas relativamente a lesões, como a RTA, no âmbito da medicina desportiva, há necessidade de procurar novas e mais eficazes soluções.³

Com capacidade de auto-renovação e de diferenciação multidirecional, as MSC da medula óssea adulta são capazes de gerar tecidos que podem contribuir para a reparação do osso, cartilagem, tecido adiposo e tecido hematopoiético da medula óssea.⁷⁷ Ainda, os exossomas, com origem nas MSC, possuem biomoléculas como ácidos nucleicos, proteínas e lípidos que regulam o microambiente desses tecidos e promovem a reparação tecidual, além de atuarem, segundo estudos, como cápsulas naturais permitindo a transferência de fármacos e aumentar a força de cicatrização tendão-osso.⁷⁶

Com base nestes conhecimentos, desenvolveu-se a técnica de reforço biológico com células tronco com utilização na RTA.¹⁸ A utilização destas células tem como objetivo aumentar os efeitos de cicatrização e reparação do tecido tendinoso, constituindo uma ferramenta ao nível da medicina regenerativa e saúde desportiva.^{75,76}

Etapas: ^{75,76,77}

- Colheita das células, sob anestesia local com recurso a agulha fina, do osso ilíaco.
- Centrifugação da amostra com isolamento das células tronco e posterior crescimento em meios de cultura apropriados até obtenção de quantidades suficientes para o tratamento.
- São submetidas a testes a fim de confirmar pureza e potencial funcional, garantindo-se que são capazes de se converter nos tipos celulares relevantes.
- Suspensão das células em solução, assegurando a sua viabilidade durante a administração
- Injeção ecoguiada diretamente no local pretendido, interior do TA lesionado atuando especificamente com o tecido danificado.
- Após este processo, é imperativo um período adequado de reabilitação sem movimentos violentos e com auxílio de planos de fisioterapia cujo objetivo é permitir a regeneração do tendão e impedir nova lesão. A monitorização dos pacientes é executada

de modo regular para garantir que o tratamento está a ser eficaz assim como se as células se mantêm integras no tecido.⁷⁴

Vantagens^{75,76}

- Graças à sua capacidade de diferenciação em variados tipos de tecidos, dos quais o tendinoso é um deles, as células-tronco podem melhorar a integração e reparação dos tecidos lesionados.
- As suas propriedades de imunomodulação reduzem a inflamação excessiva e melhoram a cicatrização.
- A libertação de exossomas e FC que além de atuarem na regeneração dos tecidos também promovem angiogénese ampliando ainda mais a recuperação do tendão.

Desvantagens^{75,76}

- Esta abordagem envolve técnicas especializadas e equipamentos adequados que, na maioria dos casos, não estão acessíveis em todos os ambientes clínicos.
- É um processo dispendioso não estando disponível para todos os pacientes e sistemas de saúde.

Limitações^{3,75,76}

- A eficácia das células mesenquimatosas não é a mesma nos diferentes indivíduos resultado da heterogeneidade destes, como tal os resultados não serão globalizantes.
- Questões como segurança a longo prazo ou mesmo a potencial evolução para neoplasias levantam questões éticas e reguladoras

A sua eficácia ainda é restrita no que concerne ao tratamento da RTA, exigindo mais estudos e ensaios clínicos randomizados como forma de garantir a sua aplicabilidade e segurança.

TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS

Abordagem não invasiva que recorre ao uso de ondas acústicas de alta energia empregues no exterior da área afetada de forma a proporcionar cicatrização e alívio dos sintomas manifestados pelo paciente.⁸⁸

Etapas:^{88,90,91}

- Aplicação das ondas de choque, na área lesada, com valores de intensidade e frequência adequados ao grau de gravidade e resposta do paciente.
- Ao penetrar no tecido, as ondas induzem a regeneração celular e angiogénese com incremento do fluxo sanguíneo e aporte nutricional ao tecido danificado, intensificando a cicatrização.

Vantagens^{88,90,91}

- Não invasiva, sem incisões cirúrgicas, e com menor risco de complicações

Desvantagens ^{88,90,91}

- Não atua de igual modo em todos os pacientes, podendo mesmo não causar alívio considerável da dor ou melhoria funcional após tratamento.
- A eficácia desta técnica depende da gravidade da lesão, duração dos sintomas e especificidades do paciente

Limitações ^{70,91}

- Elevado custo e possível necessidade de múltiplas sessões para obtenção de respostas significativas.

LASERTERAPIA

Ou terapia a laser de baixa intensidade. É uma técnica não invasiva e baseia-se na aplicação de luz laser de baixa intensidade diretamente no local da lesão.⁹³

Uma vez absorvida pelos tecidos lesados, desencadeiam-se reações bioquímicas cuja finalidade é a regeneração dos tecidos, redução da inflamação e alívio da dor.^{93,94}

Dadas as suas características, pode ser executada em clínicas de reabilitação ou consultórios e com durações curtas de cada sessão.

Vantagens ^{93,95}

- Não invasiva e, portanto, com diminuição das complicações.
- Segura, embora não isenta de efeitos colaterais, mas que são muito poucos, sendo apenas realizada por profissionais qualificados.
- Reduz a dor através da estimulação de analgésicos naturais do próprio corpo e da atenuação da inflamação.
- Facilmente aplicável e sem necessidade de internamento.

Desvantagens ^{93,95}

- Pode não apresentar resultados significativos nos casos mais graves.
- Custos acrescidos e maior tempo de tratamento, nos casos que exigem múltiplas sessões.
- Esta luz laser pode não conseguir penetrar profundamente os tecidos e a sua eficácia diminuiu e muito nos casos mais profundos ou lesões crónicas.

Limitações ^{93,95}

- Operador dependente.
- A qualidade do aparelho é determinante para o sucesso da técnica.
- Não é recomendada em grávidas, história pessoal de neoplasias ou sensibilidade à luz

REALIDADE VIRTUAL PARA A REABILITAÇÃO PÓS-CIRÚRGICA

Abordagem que tem sido cada vez mais explorada como ferramenta de reabilitação pós cirúrgica.^{102,104}

Este procedimento envolve o uso de dispositivos de RV para criar ambientes simulados visando melhoria das funções física e cognitiva dos pacientes durante a reabilitação.¹⁰⁰

Vantagens:^{101,103,104}

- Adesão e Motivação, pois oferece experiência imersiva e interativa que pode aumentar a adesão e motivação dos pacientes durante o processo de reabilitação e promover uma recuperação mais rápida.
- Feedback em tempo real sobre o desempenho dos pacientes, permitindo um ajuste do plano de tratamento conforme o necessário, o que ajudará a otimizar o progresso da reabilitação e evitar complicações.
- Variedade de exercícios, de modo a adaptar às necessidades específicas de cada paciente. Tornando-se uma abordagem mais personalizada e individualizada para a recuperação.
- Segurança, uma vez que esta técnica permite aos pacientes a execução de movimentos e atividades sem risco de lesões adicionais, em especial durante as fases iniciais da recuperação em que o TA ainda se encontra frágil.

Desvantagens:^{101,103,104}

- A implementação destes programas de reabilitação baseados em RV pode ser dispendiosa devido aos custos de equipamentos e software necessários, o que limitará o seu acesso aos pacientes e instituições de saúde.
- Experiência técnica
- Limitações Técnicas, como a qualidade gráfica dos ambientes virtuais e a precisão dos sensores de movimento, afetando a experiência do usuário e a eficácia da terapia.

Limitações:^{101,103,104}

- Evidências limitadas, pois embora haja um crescente interesse na RV para a reabilitação, as evidências clínicas não estão ainda muito bem esclarecidas.
- Adaptação individual, uma vez que nem todos os pacientes podem beneficiar de igual modo desta terapia e alguns preferem métodos mais tradicionais. A individualização é essencial para garantir os melhores resultados para cada caso.
- Necessidade de supervisão, para garantir a segurança e eficácia e ajustes conforme necessário.

Conclusão

Esta dissertação de revisão bibliográfica acerca do tratamento da RTA sublinha o papel das abordagens terapêuticas tradicionais e mais recentes no âmbito do planeamento clínico e reabilitação desta lesão. Como tal, exploraram-se as opções emergentes de tratamento de forma que fosse realizada uma comparação em termos de eficácia, segurança e impacto na recuperação.

Relativamente às mais recentes, estas têm evidenciado benefícios comparativamente aos convencionais, revelando diminuição dos períodos de recuperação e melhoria da funcionalidade do tendão, permitindo melhor qualidade de vida aos pacientes.

No entanto, ainda existem desafios a superar. A variação nos desenhos dos estudos e a curta duração de acompanhamento em muitos deles limitam a generalização dos resultados. São necessários, portanto, mais estudos a longo prazo, elaboração de protocolos de modo padronizado e realização de ensaios clínicos aleatórios com o objetivo de alcançar resultados que demonstrem a superioridade efetiva destas novas técnicas adotando-as de um modo geral na prática clínica.

As novas abordagens constituem expressivos avanços nas áreas da ortopedia e medicina desportiva e, pelos resultados e conclusões apresentados ao longo desta dissertação, é inegável o reconhecimento do carácter promissor destas com potencial para modernizar a gestão do tratamento da RTA e viabilizar recuperações menos prolongadas e mais eficazes. Não obstante os resultados conseguidos até ao momento e seu otimismo, é crucial dar continuidade à investigação e apostar no desenvolvimento chegando-se ao real objetivo que será a aplicação destas de forma segura e eficiente, com possibilidade de beneficiar um maior número de pacientes.

Finalizando, esta revisão bibliográfica aspira contribuir para o já existente conhecimento, mas providenciando uma atualização das mais recentes opções terapêuticas no tratamento da RTA, com destaque para a importância de continuar a evoluir e pesquisar e assim tentar melhorar os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes.

Referências

1. Del Buono A, Chan O, Maffulli N. Achilles tendon: functional anatomy and novel emerging models of imaging classification. *Int Orthop*. 2013 Apr;37(4):715-21.
2. Yang X, Meng H, Quan Q, Peng J, Lu S, Wang A. Management of acute Achilles tendon ruptures: A review. *Bone Joint Res*. 2018;7(10):561-569.
3. Tarantino D, Mottola R, Resta G, Gnasso R, Palermi S, Corrado B, Sirico F, Ruosi C, Aicale R. Achilles Tendinopathy Pathogenesis and Management: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Aug 30;20(17):6681.
4. Deng S, Sun Z, Zhang C, Chen G, Li J. Surgical Treatment Versus Conservative Management for Acute Achilles Tendon Rupture: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(6):1236-1243.
5. Hess GW. Achilles tendon rupture: a review of etiology, population, anatomy, risk factors, and injury prevention. *Foot Ankle Spec*. 2010;3(1):29-32.
6. Maffulli N, Longo UG, Kadakia A, Spiezia F. Achilles tendinopathy. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(3):240-249.
7. Winnicki K, Ochała-Kłos A, Rutowicz B, Pękala PA, Tomaszewski KA. Functional anatomy, histology and biomechanics of the human Achilles tendon - A comprehensive review. *Ann Anat*. 2020;229:151461.
8. Amis J. The gastrocnemius: a new paradigm for the human foot and ankle. *Foot Ankle Clin*. 2014;19(4):637-647.
9. Dalmau-Pastor M, Fargues-Polo B Jr, Casanova-Martínez DJr, Veja J, Golanó P. Anatomy of the triceps surae: a pictorial essay. *Foot Ankle Clin* 2014;19(04):603-635
10. Theobald P, Benjamin M, Nokes L, Pugh N. Review of the vascularisation of the human Achilles tendon. *Injury*. 2005;36(11):1267-1272.
11. Kannus P, Józsa L. Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1991;73(10):1507-1525.
12. Wertz J, Galli M, Borchers JR. Achilles tendon rupture: risk assessment for aerial and ground athletes. *Sports Health*. 2013 Sep;5(5):407-9.
13. Ackermann PW, Renström P. Tendinopathy in sport. *Sports Health*. 2012;4(3):193-201.
14. Xergia SA, Tsarbou C, Liveris NI, Hadjithoma M, Tzanetakou IP. Risk factors for Achilles tendon rupture: an updated systematic review. *Phys Sportsmed*. 2023;51(6):506-516.
15. Shamrock AG, Dreyer MA, Varacallo M. Achilles Tendon Rupture. [Updated 2023 Aug 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430844/>
16. Matthews W, Ellis R, Furness J, Hing WA. The clinical diagnosis of Achilles tendinopathy: a scoping review. *PeerJ*. 2021 Sep 28;9:e12166.
17. Khan, K. M., & Cook, J. L. (2020). Recent advances in the clinical manifestations and diagnosis of Achilles tendon rupture. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 50(5), 342-349.
18. Li ZJ, Yang QQ, Zhou YL. Basic Research on Tendon Repair: Strategies, Evaluation, and Development. *Front Med (Lausanne)*. 2021 Jul 28;8:664909.

19. Robert PR Boyd, Richard Dimock, Matthew C Solan, Edward Porter. Achilles tendon rupture: how to avoid missing the diagnosis. *British Journal of General Practice* 2015; 65 (641): 668-669.
20. Ochen Y, Beks RB, van Heijl M, et al. Operative treatment versus nonoperative treatment of Achilles tendon ruptures: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2019;364:k5120. Published 2019 Jan 7.
21. Douglas J, Kelly M, Blachut P. Clarification of the Simmonds-Thompson test for rupture of an Achilles tendon. *Can J Surg*. 2009 Jun;52(3):E40-1.
22. Gulati V, Jaggard M, Al-Nammari SS, Uzoigwe C, Gulati P, Ismail N, Gibbons C, Gupte C. Management of achilles tendon injury: A current concepts systematic review. *World J Orthop*. 2015 May 18;6(4):380-6.
23. Reiman, Michael & Burgi, Ciara & Strube, Eileen & Prue, Kevin & Ray, Keaton & Elliott, Amanda & Goode, Adam. (2014). The Utility of Clinical Measures for the Diagnosis of Achilles Tendon Injuries: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of athletic training*. 49. 10.4085/1062-6050-49.3.36.
24. Kokulu K, Altunok İ, Sert ET, Özdemir S, Mutlu H, Akça HŞ. Diagnostic Value of Lateral Ankle Radiography in Achilles Tendon Rupture. *Foot Ankle Spec*. 2023 Aug;16(4):384-391.
25. Tonarelli JM, Mabry LM, Ross MD. Diagnostic Imaging of an Achilles Tendon Rupture. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(11):904.
26. Bleakney RR, White LM. Imaging of the Achilles tendon. *Foot Ankle Clin*. 2005 Jun;10(2):239-54.
27. Cross AG, Khalil LS, Tomlinson M, Tramer JS, Makhni EC, Cox BA. Percutaneous Achilles Tendon Repair Using Ultrasound Guidance: An Intraoperative Ultrasound Technique. *Arthrosc Tech*. 2023 Jan 18;12(2):e173-e180.
28. Mahoney JM. Imaging Techniques and Indications. *Clin Podiatr Med Surg*. 2017 Apr;34(2):115-128.
29. Fischer C, Miska M, Jung A, Weber MA, Saure D, Schmidmaier G, Weimer A, Moghaddam A, Doll J. Posttraumatic Perfusion Analysis of Quadriceps, Patellar, and Achilles Tendon Regeneration With Dynamic Contrast-Enhanced Ultrasound and Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging: Preliminary Results. *J Ultrasound Med*. 2021 Mar;40(3):491-501.
30. Albano D, Messina C, Uselli FG, De Girolamo L, Grassi M, Maccario C, Bignotti B, Tagliafico A, Sconfienza LM. Magnetic resonance and ultrasound in achilles tendinopathy: Predictive role and response assessment to platelet-rich plasma and adipose-derived stromal vascular fraction injection. *Eur J Radiol*. 2017 Oct;95:130-135.
31. Bellon RJ, Horwitz SM. Three-dimensional computed tomography studies of the tendons of the foot and ankle. *J Digit Imaging*. 1992 Feb;5(1):46-9.
32. Xue HP, Liu XW, Tian J, Xie B, Yang C, Zhang H, Zhou DP. Application of Computed Tomography Processed by Picture Archiving and Communication Systems in the Diagnosis of Acute Achilles Tendon Rupture. *Biomed Res Int*. 2016;2016:6043638.
33. Szaro P, Nilsson-Helander K, Carmont M. MRI of the Achilles tendon-A comprehensive pictorial review. Part one. *Eur J Radiol Open*. 2021 Mar 26;8:100342.
34. Amlang MH, Zwipp H, Friedrich A, Peaden A, Bunk A, Rammelt S. Ultrasonographic classification of achilles tendon ruptures as a rationale for individual treatment selection. *ISRN Orthop*. 2011 Oct 24;2011:869703.

35. Buono AD, Chan O, Maffulli N. Achilles tendon: functional anatomy and novel emerging models of imaging classification. *International Orthopaedics*. 2012;37(4):715–721.
36. Haapasalo H, Peltoniemi U, Laine HJ, Kannus P, Mattila VM. Treatment of acute Achilles tendon rupture with a standardised protocol. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018 Aug;138(8):1089-1096.
37. Humbyrd CJ, Bae S, Kucirka LM, Segev DL. Incidence, Risk Factors, and Treatment of Achilles Tendon Rupture in Patients With End-Stage Renal Disease. *Foot Ankle Int*. 2018 Jul;39(7):821-828.
38. Kocher MS, Bishop J, Marshall R, Briggs KK, Hawkins RJ. Operative versus nonoperative management of acute Achilles tendon rupture: expected-value decision analysis. *Am J Sports Med*. 2002;30(6):783-790.
39. Park SH, Lee HS, Young KW, Seo SG. Treatment of Acute Achilles Tendon Rupture. *Clin Orthop Surg*. 2020 Mar;12(1):1-8.
40. Kearney RS, McGuinness KR, Achten J, Costa ML. A systematic review of early rehabilitation methods following a rupture of the Achilles tendon. *Physiotherapy*. 2012 Mar;98(1):24-32.
41. Willits K, Amendola A, Bryant D, Mohtadi NG, Giffin JR, Fowler P, Kean CO, Kirkley A. Operative versus nonoperative treatment of acute Achilles tendon ruptures: a multicenter randomized trial using accelerated functional rehabilitation. *J Bone Joint Surg Am*. 2010 Dec 1;92(17):2767-75.
42. Kadakia AR, Dekker RG 2nd, Ho BS. Acute Achilles Tendon Ruptures: An Update on Treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017 Jan;25(1):23-31.
43. Park CH, Na HD, Chang MC. Clinical outcomes of minimally invasive repair using ring forceps for acute achilles tendon rupture. *J Foot Ankle Surg*. 2021;60(2):237–41.
44. Tejwani NC, Lee J, Weatherall J, Sherman O. Acute achilles tendon ruptures: a comparison of minimally invasive and open approach repairs followed by early rehabilitation. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2014;43(10):E221-E225.
45. Gatz M, Driessen A, Eschweiler J, Tingart M, Migliorini F. Open versus minimally-invasive surgery for Achilles tendon rupture: a meta-analysis study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021;141(3):383-401.
46. Clanton T, Stake IK, Bartush K, Jamieson MD. Minimally Invasive Achilles Repair Techniques. *Orthop Clin North Am*. 2020;51(3):391-402.
47. Qi H, Ji X, Cui Y, Wang L, Chen H, Tang P. Comparison of channel-assisted minimally invasive repair and 3 common Achilles tendon restoration techniques. *Exp Ther Med*. 2019;17(2):1426–34.
48. Doty J, Katsuura Y, Richardson N. Division Tenorrhaphy: A Novel Technique for Chronic or Failed Nonoperatively Treated Achilles Tendon Rupture. *Foot Ankle Spec*. 2017 Jun;10(3):242-245.
49. Seker A, Kara A, Armagan R, Oc Y, Varol A, Sezer HB. Reconstruction of neglected achilles tendon ruptures with gastrocnemius flaps: excellent results in long-term follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016 Oct;136(10):1417-23.
50. Maffulli N, Sammaria G, Ziello S, Migliorini F, Oliva F. Percutaneous cruciate repair of ruptured Achilles tendon. *J Orthop Surg Res*. 2023 Sep 12;18(1):677.

51. Ververidis AN, Kalifis KG, Touzopoulos P, Drosos GI, Tilkeridis KE, Kazakos KI. Percutaneous repair of the Achilles tendon rupture in athletic population. *J Orthop*. 2015 Oct 9;13(1):57-61.
52. Xu L, Jin J, Liu Z, Wu M, Peng B, Jiang J, Liu G, He J, White S, Xia Y. A New Technique of Achilles Tendon Rupture Repaired by Double Transverse Mini-incision to Avoid Sural Nerve Injury: A Consecutive Retrospective Study. *Orthop Surg*. 2023 Feb;15(2):517-524.
53. Li Y, Jiang Y, Tao T, Pan Z, Zhang K, Gui J. Endoscopic reconstruction for chronic Achilles tendon ruptures using a hamstring tendon autograft. *J Orthop Sci*. 2021;26(5):854-859.
54. Lui TH, Leung CH. Full-Length Endoscopic Adhesiolysis of the Achilles Tendon and Triceps Suræ. *Arthrosc Tech*. 2023;12(11):e1997-e2001. Published 2023 Oct 16.
55. Gedam PN, Rushnaiwala FM. Endoscopy-Assisted Achilles Tendon Reconstruction With a Central Turndown Flap and Semitendinosus Augmentation. *Foot Ankle Int*. 2016 Dec;37(12):1333-1342.
56. Maffulli N, Ziello S, Maisto G, Migliorini F, Oliva F. Local Tendon Transfers for Chronic Ruptures of the Achilles Tendon: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2023; 12(2):707.
57. Poeta, N., Maffulli, N., Bucolo, F. et al. Endoscopic peroneus brevis tendon transfer for chronic ruptures of the Achilles tendon: surgical technique. *J Orthop Surg Res* 19, 131 (2024).
58. Lui TH, Chan WC, Maffulli N. Endoscopic Flexor Hallucis Longus Tendon Transfer for Chronic Achilles Tendon Rupture. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2016 Mar;24(1):38-41.
59. Mao H, Shi Z, Xu D, Liu Z. Neglected Achilles Tendon Rupture Treated with Flexor Hallucis Longus transfer with two turndown gastrocnemius fascia flap and reinforced with plantaris tendon. *Acta Orthop Belg*. 2015 Sep;81(3):553-60.
60. Miyamoto W, Imade S, Innami K, Kawano H, Takao M. Acute Achilles Tendon Rupture Treated by Double Side-Locking Loop Suture Technique With Early Rehabilitation. *Foot Ankle Int*. 2017 Feb;38(2):167-173.
61. Cottom JM, Baker JS, Richardson PE, Maker JM. Evaluation of a New Knotless Suture Anchor Repair in Acute Achilles Tendon Ruptures: A Biomechanical Comparison of Three Techniques. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(3):423-427.
62. Qi J, Duan L, Li W, Wei W. [PART-KESSLER TECHNIQUE WITH SUTURE ANCHOR IN REPAIR OF SPONTANEOUS Achilles TENDON RUPTURE]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2016 Feb;30(2):165-8.
63. Hart DA, Ahmed AS, Chen J, Ackermann PW. Optimizing tendon repair and regeneration: how does the *in vivo* environment shape outcomes following rupture of a tendon such as the Achilles tendon? *Front Bioeng Biotechnol*. 2024 Feb 16;12:1357871.
64. Bullock MJ, DeCarbo WT, Hofbauer MH, Thun JD. Repair of Chronic Achilles Ruptures Has a High Incidence of Venous Thromboembolism. *Foot Ankle Spec*. 2017 Oct;10(5):415-420.
65. Wang CC, Chen PY, Yang KC, Wang CL, Chen IH. Current treatment concepts for Achilles tendon rupture. *Tzu Chi Med J*. 2024 Jan 12;36(1):46-52.
66. She G, Teng Q, Li J, Zheng X, Chen L, Hou H. Comparing Surgical and Conservative Treatment on Achilles Tendon Rupture: A Comprehensive Meta-Analysis of RCTs. *Front Surg*. 2021 Feb 18;8:607743.
67. Freedman BR, Adu-Berchie K, Barnum C, Fryhofer GW, Salka NS, Shetye S, Soslowsky LJ. Nonsurgical treatment reduces tendon inflammation and elevates tendon markers in early healing. *J Orthop Res*. 2022 Oct;40(10):2308-2319.

68. Lin M, Li W, Ni X, Sui Y, Li H, Chen X, Lu Y, Jiang M, Wang C. Growth factors in the treatment of Achilles tendon injury. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023 Sep 14;11:1250533.
69. Bai WB, Liang XJ, Zhao HM, Wang XW, Liu L, Liang JQ, Shi C, Lu J. [Comparison of efficacy of platelet-rich plasma and extracorporeal shock wave for the treatment of chronic insertional Achilles tendinopathy]. *Zhongguo Gu Shang.* 2023 Apr 25;36(4):351-6.
70. Lu J, Li H, Zhang Z, Xu R, Wang J, Jin H. Platelet-rich plasma in the pathologic processes of tendinopathy: a review of basic science studies. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023 Jul 21;11:1187974.
71. Sandrey MA. Autologous growth factor injections in chronic tendinopathy. *J Athl Train.* 2014 May-Jun;49(3):428-30.
72. Lu J, Yang X, He C, Chen Y, Li C, Li S, Chen Y, Wu Y, Xiang Z, Kang J, Jiang G, Wang C, Diarra MD, He R, Feng G, Yan R. Rejuvenation of tendon stem/progenitor cells for functional tendon regeneration through platelet-derived exosomes loaded with recombinant Yap1. *Acta Biomater.* 2023 Apr 15;161:80-99.
73. Dec P, Żyłka M, Burszewski P, Modrzejewski A, Pawlik A. Recent Advances in the Use of Stem Cells in Tissue Engineering and Adjunct Therapies for Tendon Reconstruction and Future Perspectives. *Int J Mol Sci.* 2024 Apr 19;25(8):4498.
74. Migliorini F, Tingart M, Maffulli N. Progress with stem cell therapies for tendon tissue regeneration. *Expert Opin Biol Ther.* 2020 Nov;20(11):1373-1379.
75. Duan X, Zhang J, Fu X, Hu X, Ao Y. Bone marrow mesenchymal stem cell-derived exosomes promote tendon regeneration by facilitating the proliferation and migration of endogenous tendon stem/progenitor cells. *Acta Biomater.* 2020 Apr 1;106:328-341.
76. Lu J, Yang X, He C, Chen Y, Li C, Li S, Chen Y, Wu Y, Xiang Z, Kang J, Jiang G, Wang C, Diarra MD, He R, Feng G, Yan R. Rejuvenation of tendon stem/progenitor cells for functional tendon regeneration through platelet-derived exosomes loaded with recombinant Yap1. *Acta Biomater.* 2023 Apr 15;161:80-99.
77. Zheng BY, Wu HL, Wei SJ. [Short-term outcomes of all-inside endoscopic running locked stitch technique for acute achilles tendon ruptures]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2024 Apr 29;62(6):549-555.
78. Lugani G, Santandrea A, Mercurio D, Puddu L, Silvestri J, Cortese F. Treatment of Achilles insertional tendinopathy: our surgical procedure and medium-term results. *Acta Biomed.* 2023 Apr 24;94(2):e2023053.
79. Wei S, Chen J, Kong C, Xu F, Zhi X, Cai X. Endoscopic "internal splinting" repair technique for acute Achilles tendon rupture. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2021 Oct;141(10):1753-1760.
80. Jiang X, Qian S, Chen C, Wu H, Zhi X, Xu D, Lian J, Liu X, Wei S, Xu F. Modified mini-incision "internal splinting" versus percutaneous repair technique of acute Achilles tendon rupture: five year retrospective case-controlled study. *Int Orthop.* 2021 Dec;45(12):3243-3251.
81. Vega J, Baduell A, Malagelada F, Allmendinger J, Dalmau-Pastor M. Endoscopic Achilles Tendon Augmentation With Suture Anchors After Calcaneal Exostectomy in Haglund Syndrome. *Foot Ankle Int.* 2018 May;39(5):551-559.
82. Witt BL, Hyer CF. Achilles tendon reattachment after surgical treatment of insertional tendinosis using the suture bridge technique: a case series. *J Foot Ankle Surg.* 2012 Jul-Aug;51(4):487-93.

83. Rigby RB, Cottom JM, Vora A. Early weightbearing using Achilles suture bridge technique for insertional Achilles tendinosis: a review of 43 patients. *J Foot Ankle Surg.* 2013 Sep-Oct;52(5):575-9.
84. Lin Y, Wang ZW, Zhang B, Pan J, Qu TB, Hai Y. Central tendon splitting combined with SutureBridge double-row technique as a surgical treatment for insertional Achilles tendinopathy. *Chin Med J (Engl).* 2013 Oct;126(20):3860-4.
85. Zhao X, Yang X, Hao Y, Yang F, Zhang Z, Qian Q, Fu P, Zhou Q. Treatment of Calcific Insertional Achilles Tendinopathy: Knotless Internal Brace versus Knot-Tying Suture Bridge. *J Pers Med.* 2023 Feb 24;13(3):404.
86. Zhang H, Liu PZ, Zhang X, Ding C, Cui HC, Ding WB, Wang RK, Wu DJ, Wei Q, Qin S, Wu XL, Tong DK, Wang GC, Tang H, Ji F. A new less invasive surgical technique in the management of acute Achilles tendon rupture through limited-open procedure combined with a single-anchor and "circuit" suture technique. *J Orthop Surg Res.* 2018 Aug 10;13(1):198.
87. Li H, Yao W, Xue X, Li Y, Hua Y. Therapeutic effects following extracorporeal shock wave therapy for insertional and non-insertional Achilles tendinopathy. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2023 Oct 10;34:38-45.
88. Santamato A, Beatrice R, Micello MF, Fortunato F, Panza F, Bristogiannis C, Cleopazzo E, Macarini L, Picelli A, Baricich A, Ranieri M. Power Doppler Ultrasound Findings before and after Focused Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy: A Pilot Study on Pain Reduction and Neovascularization Effect. *Ultrasound Med Biol.* 2019 May;45(5):1316-1323.
89. Furia JP. High-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for insertional Achilles tendinopathy. *Am J Sports Med.* 2006 May;34(5):733-40.
90. De la Corte-Rodríguez H, Román-Belmonte JM, Rodríguez-Damiani BA, Vázquez-Sasot A, Rodríguez-Merchán EC. Extracorporeal Shock Wave Therapy for the Treatment of Musculoskeletal Pain: A Narrative Review. *Healthcare (Basel).* 2023 Oct 26;11(21):2830.
91. Wang CC, Chen PY, Yang KC, Wang CL, Chen IH. Current treatment concepts for Achilles tendon rupture. *Tzu Chi Med J.* 2024 Jan 12;36(1):46-52.
92. Naterstad IF, Joensen J, Bjordal JM, Couppé C, Lopes-Martins RAB, Stausholm MB. Efficacy of low-level laser therapy in patients with lower extremity tendinopathy or plantar fasciitis: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open.* 2022 Sep 28;12(9):e059479.
93. Guimarães JS, Arcanjo FL, Leporace G, Metsavaht LF, Sena C, Moreno MVMG, Marçal Vieira TE, Gomes Neto M. Effect of low-level laser therapy on pain and disability in patients with plantar fasciitis: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskelet Sci Pract.* 2022 Feb;57:102478.
94. Li X, Zhang L, Gu S, Sun J, Qin Z, Yue J, Zhong Y, Ding N, Gao R. Comparative effectiveness of extracorporeal shock wave, ultrasound, low-level laser therapy, noninvasive interactive neurostimulation, and pulsed radiofrequency treatment for treating plantar fasciitis: A systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018 Oct;97(43):e12819.
95. Tang Y, Wang Z, Xiang L, Zhao Z, Cui W. Functional biomaterials for tendon/ligament repair and regeneration. *Regen Biomater.* 2022 Sep 5;9:rbac062.
96. Silva M, Ferreira FN, Alves NM, Paiva MC. Biodegradable polymer nanocomposites for ligament/tendon tissue engineering. *J Nanobiotechnology.* 2020 Jan 30;18(1):23.

97. Valk J, Wilk MJ, Murdock K, Saad MA. Bioinductive Collagen Implant Augmentation for Myotendinous Achilles Rupture in a Teenage Competitive Gymnast: A Case Report. *JBJS Case Connect.* 2023 Apr 11;13(2).
98. Lauck, B. J., Reynolds, A. W., van der List, J. P., Dean, R. S., Trasolini, N. A., & Waterman, B. R. (2024). Bioactive and Bioinductive Implants Are Increasingly Used in Orthopaedic Sports Medicine but Adequately Controlled Studies Are Needed: A Scoping Review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery.* DOI: 10.1016/j.arthro.2024.03.003.
99. Mok TN, Chen J, Pan J, Ming WK, He Q, Sin TH, Deng J, Li J, Zha Z. Use of a Virtual Reality Simulator for Tendon Repair Training: Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games.* 2021 Jul 12;9(3):e27544.
100. Gan W, Mok TN, Chen J, She G, Zha Z, Wang H, Li H, Li J, Zheng X. Researching the application of virtual reality in medical education: one-year follow-up of a randomized trial. *BMC Med Educ.* 2023 Jan 3;23(1):3.
101. Ehioghae M, Montoya A, Keshav R, Vipra TK, Manuk-Hakobyan H, Hasoon J, Kaye AD, Urits I. Effectiveness of Virtual Reality-Based Rehabilitation Interventions in Improving Postoperative Outcomes for Orthopedic Surgery Patients. *Curr Pain Headache Rep.* 2024 Jan;28(1):37-45.
102. Combalia A, Sanchez-Vives MV, Donegan T. Immersive virtual reality in orthopaedics-a narrative review. *Int Orthop.* 2024 Jan;48(1):21-30.
103. Gumaa M, Rehan Youssef A. Is Virtual Reality Effective in Orthopedic Rehabilitation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther.* 2019 Oct 28;99(10):1304-1325.
104. Li J, Xue C, Wang H, Dong S, Yang Z, Cao Y, Zhao B, Cheng B, Xie X, Mo X, Jiang W, Yuan H, Pan J. Hybrid Nanofibrous Composites with Anisotropic Mechanics and Architecture for Tendon/Ligament Repair and Regeneration. *Small.* 2022 Jul;18(27):e2201147.
105. Haroun, H. K., Elrahman, A. A. A., & Morsi, A. (2022). Synthetic Graft Augmentation Is Safe and Effective for the Repair of Acute Achilles Tendon Rupture in Patients With Preexisting Tendinopathy. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery.* DOI: 10.1016/j.asmr.2022.10.001.
106. Rocha J, Araújo JC, Figueiro R, Ferreira DP. Wetspun Polymeric Fibrous Systems as Potential Scaffolds for Tendon and Ligament Repair, Healing and Regeneration. *Pharmaceutics.* 2022 Nov 19;14(11):2526.