



ANÁLISE BIOMECÂNICA REALIZADA EM PATAS DIANTEIRAS DE CORDEIRO COMPARANDO O REPARO TRANSÓSSEO E O REPARO TRANSÓSSEO ASSOCIADO À FIXAÇÃO COM ÂNCORA NAS LESÕES DO TRÍCEPS DISTAL

**BIOMECHANICAL ANALYSIS PERFORMED ON LAMB FORELEGS
COMPARING TRANSOSSEOUS REPAIR AND TRANSOSSEOUS REPAIR
ASSOCIATED WITH ANCHOR FIXATION IN DISTAL TRICEPS LESIONS**

ANÁLISIS BIOMECÁNICO REALIZADO EN PATAS DELANTERAS DE CORDERO COMPARANDO LA REPARACIÓN TRANSÓSEA Y LA REPARACIÓN TRANSÓSEA ASOCIADA A FIJACIÓN DE ANCLAJE EN LESIONES DEL TRÍCEPS DISTAL

 <https://doi.org/10.56238/levv16n55-064>

Data de submissão: 12/11/2025

Data de publicação: 12/12/2025

Rafael Almeida Maciel

Pós-graduação

Instituição: Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS-DF)

E-mail: rafaelalmeidamaciel@gmail.com

Leônidas de Souza Bomfim

Mestrado pela UNIFESP

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: leonidasbomfim1@gmail.com

Orcid: 0000-0003-2022-3343

Thabata Shenia Cardelino Costa

Superior completo

Instituição: Universidad de Buenos Aires - Revalidado pela UnB

E-mail: thabatashenia@gmail.com

Bruno Rosa de Souza

Médico

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: souza.b2005@gmail.com

José Inácio de Almeida Neto

Pós-graduado

Instituição: Universidade Católica de Brasília (UCB)

E-mail: jian.inacio@yahoo.com.br

Número Orcid:0000-0001-7587-5301



Rafael Santos Parente

Pós-graduado

Instituição: Faculdade de Medicina do Vale do Aço (FAMEVAÇO)

E-mail: dr.rafaelparente@gmail.com

RESUMO

Objetivo: Comparar biomecanicamente duas formas de reparo tendíneo tricipital (sutura transóssea isolada versus sutura transóssea associada a âncora metálica). Método: Os testes envolveram reparos tendíneos de tríceps em 8 patas dianteiras de caprinos divididas igualmente nos dois subgrupos de tipo de reparo, sendo submetidos a forças de arrancamento aferidas com tensiómetro. Resultado: O estudo conclui que o reparo combinado (sutura transóssea associado a âncora) foi biomeanicamente superior à sutura transóssea isolada, embora reconheça limitações como a ausência de testes em humanos. Conclusões: Embora não haja consenso acerca da melhor técnica de reparo cirúrgico das lesões de tríceps distais, a maior resistência biomecânica do reparo é um fator decisivo para a reabilitação precoce e para o sucesso terapêutico global. Assim, a maior resistência biomecânica do reparo combinado tem a possibilidade de gerar maior benefício em relação a técnica de reparo isolado.

Palavras-chave: Animais. Modelos. Ortopedia. Procedimentos Ortopédicos. Tendões.

ABSTRACT

Objective: To biomechanically compare two forms of triceps tendon repair (isolated transosseous suture versus transosseous suture associated with a metallic anchor). Method: The tests involved triceps tendon repairs in 8 forelimbs of goats, equally divided into the two repair type subgroups, and subjected to pull-out forces measured with a tensiometer. Result: The study concludes that the combined repair (transosseous suture associated with an anchor) was biomechanically superior to the isolated transosseous suture, although it acknowledges limitations such as the absence of tests in humans. Conclusions: Although there is no consensus on the best surgical repair technique for distal triceps injuries, the greater biomechanical resistance of the repair is a decisive factor for early rehabilitation and overall therapeutic success. Thus, the greater biomechanical resistance of the combined repair has the potential to generate greater benefit compared to the isolated repair technique.

Keywords: Animals. Models. Orthopedics. Orthopedic Procedures. Tendons.

RESUMEN

Objetivo: Comparar biomecánicamente dos formas de reparación del tendón del tríceps (sutura transósea aislada versus sutura transósea asociada a un anclaje metálico). Método: Las pruebas incluyeron reparaciones del tendón del tríceps en ocho extremidades anteriores de cabras, divididas equitativamente en los dos subgrupos de reparación, y sometidas a fuerzas de tracción medidas con un tensiómetro. Resultado: El estudio concluye que la reparación combinada (sutura transósea asociada a un anclaje) fue biomecánicamente superior a la sutura transósea aislada, aunque reconoce limitaciones como la ausencia de pruebas en humanos. Conclusiones: Si bien no existe consenso sobre la mejor técnica de reparación quirúrgica para las lesiones del tríceps distal, la mayor resistencia biomecánica de la reparación es un factor decisivo para la rehabilitación temprana y el éxito terapéutico general. Por lo tanto, la mayor resistencia biomecánica de la reparación combinada tiene el potencial de generar un mayor beneficio en comparación con la técnica de reparación aislada.

Palabras clave: Animales. Modelos. Ortopedia. Procedimientos Ortopédicos. Tendones.



1 INTRODUÇÃO

O primeiro relato de uma ruptura do tendão do tríceps data do século XIX, em um relato de caso publicado em 1868 por Partridge no extinto periódico britânico *Medical Times Gazette*¹. A faixa etária mais comum para a ocorrência da lesão é entre 30 e 50 anos, com uma prevalência de 3:2 para o gênero masculino². Quando comparadas a outras lesões que afetam os tendões localizados ao redor do cotovelo, as lesões do tríceps são consideradas relativamente raras. Uma pesquisa que analisou 1014 rupturas de tendão, por exemplo, constatou que a ruptura do tríceps representava apenas 0,8% dos casos³.

Apesar da baixa incidência, são lesões com grande chance de complicações. A literatura recente demonstra uma necessidade de atenção não apenas ao diagnóstico e ao tratamento das lesões, mas também a alguns fatores considerados de risco para o desenvolvimento do quadro. Rupturas do tríceps também estão associadas a doenças sistêmicas, como: artrite reumatoide, insuficiência renal crônica, diabetes, hipoparatiroidismo⁴. Em 2017, uma revisão sistemática publicada por Dunn et al., apontou que 10% dos pacientes analisados apresentavam também a doença renal, associada à lesão do tríceps². Em 2014, um estudo conduzido por Tom et al., já havia relacionado a presença de bursite crônica do olécrano como fator de risco para a ruptura do tríceps⁵. Além disso, um ponto que tem despertado interesse da comunidade médica é a relação entre o consumo de esteroides anabolizantes e as lesões desse tipo. Um estudo de caso publicado por Golshani et al., em 2011, relacionou o uso de anabolizantes com rupturas bilaterais e, anos depois, a revisão sistemática conduzida por Dunn et al., identificou que, entre os indivíduos que apresentavam lesão do tríceps, 7% deles também faziam uso de esteroides anabolizantes².

Várias técnicas já foram propostas para o tratamento das lesões do tríceps, incluindo as suturas transósseas, as âncoras metálicas e, descrita mais recentemente, a utilização de âncoras sem nó, com o objetivo de restaurar o *footprint* do tríceps. A articulação do cotovelo é altamente suscetível a rigidez após uma lesão ou cirurgia, por isso, uma reabilitação precoce e o ganho de amplitude de movimento são as maiores preocupações na realização desses procedimentos de reparo. Levando em consideração esse desafio, o propósito do estudo é realizar uma avaliação biomecânica e mensurar o poder de arrancamento em dois métodos de reparo diferentes, para determinar qual deles oferece maior resistência.

As técnicas escolhidas para a análise nessa pesquisa foram a sutura transóssea e o reparo da sutura transóssea associado à fixação com âncora metálica, também chamado aqui de reparo combinado. Para garantir o sucesso do tratamento dos pacientes que apresentam lesão do tendão do tríceps distal, é fundamental determinar a quantificação da força do reparo, independente do procedimento utilizado. A força do reparo é um dos aspectos decisivos para uma reabilitação precoce⁷.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um estudo de análise biomecânica experimental, realizado com peças anatômicas de origem animal, sem envolvimento de seres vivos, o que, conforme a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CONEP/CNS/MS), dispensa avaliação por Comitê de Ética em Pesquisa.

Foram utilizadas oito paletas anteriores de caprinos, mantidas em temperatura ambiente, divididas aleatoriamente em dois grupos de quatro espécimes cada: Grupo A (reparo combinado) e Grupo B (sutura transóssea isolada).

Todas as peças foram inicialmente dissecadas até a junção músculo-tendínea do tríceps. Na sequência, realizaram-se duas osteotomias padronizadas: uma transversal na diáfise da ulna, a 7 cm da ponta do olécrano, preservando a inserção do tendão do tríceps (footprint), e outra na diáfise do úmero, a 5 cm do olécrano. Para os ensaios de tração, cada peça foi fixada em um dispositivo específico confeccionado com adaptador de polietileno e cabo de aço, acoplado a um tensiômetro digital, que aplicou força de tração unidirecional até a falha do sistema.

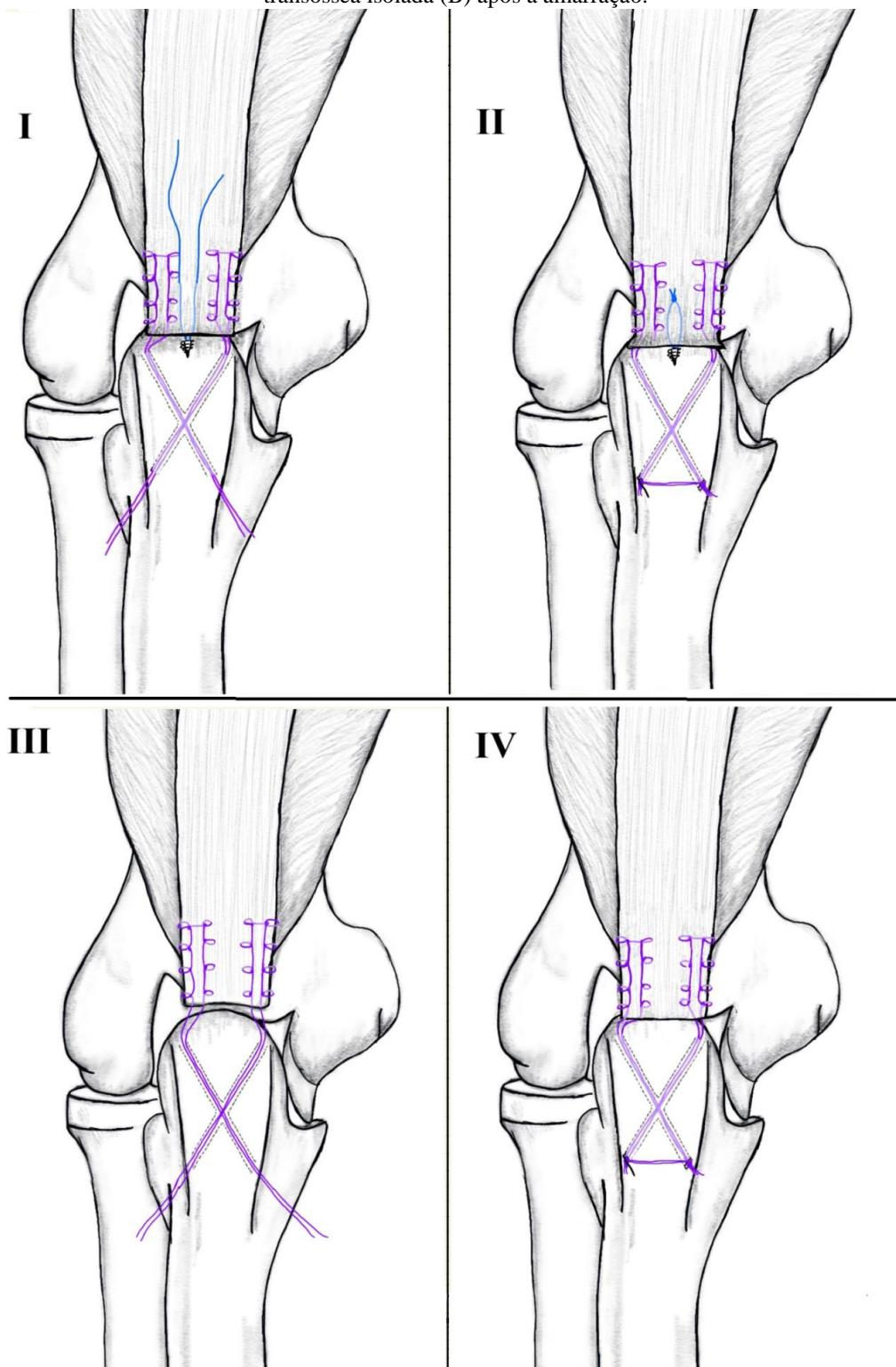
2.1 GRUPO A – REPARO COMBINADO (SUTURA TRANSÓSSEA + ÂNCORA) - CONFORME FIGURA 1

No Grupo A, o preparo do footprint incluiu desbridamento da área de inserção, confecção de dois túneis ósseos cruzados (em configuração de “X”) com broca de 2,5 mm na região posterior da ulna, e instrumentação de uma âncora metálica de 5 mm, posicionada entre os orifícios de entrada dos túneis. Realizou-se uma sutura do tipo Krackow com fio Ethibond® nº 5 nas porções medial e lateral do tendão do tríceps. Em seguida, foi aplicada uma segunda sutura tipo “U” com os fios provenientes da âncora metálica, intercalada entre os pontos já realizados com Ethibond®. As extremidades dos fios foram então passadas pelos túneis ósseos e cruzadas sobre o tendão, completando a configuração do reparo combinado.

2.2 GRUPO B – SUTURA TRANSÓSSEA ISOLADA - CONFORME FIGURA 1

No Grupo B, o preparo do footprint também incluiu o desbridamento e a confecção de dois túneis ósseos cruzados (em configuração de “X”) na região posterior da ulna com broca de 2,5 mm. Foi realizada sutura do tipo Krackow com fio Ethibond® nº 5 nas porções medial e lateral do tendão, com passagem direta das extremidades pelos túneis. Os fios foram cruzados sobre o tendão e amarrados com seis nós em cada lado, sem o uso de âncoras.

Figura 1 - desenho esquemático do padrão de reparo do grupo A (superior - I e II) e grupo B (inferior - III e IV); imagem I - técnica combinada (A) antes da amarração. Imagem II - Referente a técnica combinada (A) após a amarração. Imagem III) Referente a técnica de sutura transóssea isolada (B) antes da amarração. Imagem IV) Referente a técnica de sutura transóssea isolada (B) após a amarração.



Fonte: Autores.

2.3 ENSAIO BIOMECÂNICO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a realização dos reparos, cada peça foi submetida à tração unidirecional contínua em tensiómetro até o ponto de falha da sutura. A força necessária para causar a falha foi registrada em Newtons (N).

A estimativa do tamanho amostral baseou-se no estudo de Petre et al. (2011), considerando poder estatístico de 90% e nível de significância de 5%, para detectar diferenças clinicamente significativas entre os grupos. Foram consideradas três comparações com seus respectivos parâmetros:

- Tendão intacto × reparo direto ($d = 1424,0$; $\sigma = 325,3$)
- Tendão intacto × reparo aumenta ($d = 1148,3$; $\sigma = 325,3$)
- Reparo direto × reparo aumentado ($d = 275,4$; $\sigma = 94,4$)

Com esses dados, determinou-se o número mínimo de quatro peças por grupo ($n = 4$). A fórmula utilizada para o cálculo do tamanho amostral foi:

$$n = \frac{(t\alpha + t\beta)^2 \sigma^2}{d^2},$$

Onde:

$t\alpha$ é a estatística crítica do teste t de Student relacionada ao erro tipo I,

$t\beta$ é a estatística crítica do teste t de Student relacionada ao erro tipo II,

σ^2 é a variância e

d é a diferença entre as médias.

Para a análise comparativa entre os grupos, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney para amostras independentes, com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.

3 RESULTADOS

No grupo A, submetido à técnica de reparo combinado (sutura transóssea e âncora metálica), obteve-se 04 falhas na sutura após tensão contínua. No grupo B, tivemos as mesmas 04 falhas, porém com uma resistência menor a tensão, quando comparada ao grupo

A. Na tabela 1 foi contabilizado a força em Newtons (N) para a falha do sistema.

Tabela 01 – Valor da força em Newtons para falha do sistema

MODELO	REPARO COMBINADO(N)	MODELO	SUTURA TRANSÓSSEA(N)
01A	118N	01B	96N
02A	122N	02B	88N
03A	116N	03B	99N
04A	113N	04B	101N

Fonte: Autores.

Como o tamanho da amostra foi pequeno ($n = 4$ para cada grupo), utilizou-se um teste não paramétrico para a comparação entre a sutura combinada e a sutura isolada. O teste utilizado foi o teste estatístico U de Mann-Whitney para amostras independentes. O valor da estatística do teste foi de $U = 0,00$ e $P = 0,029$, o que significa que a força de reparo na sutura combinada foi significativamente maior que a força de reparo para a sutura isolada (tabela 2). Este resultado é estatisticamente significativo ao nível de significância de 5%.

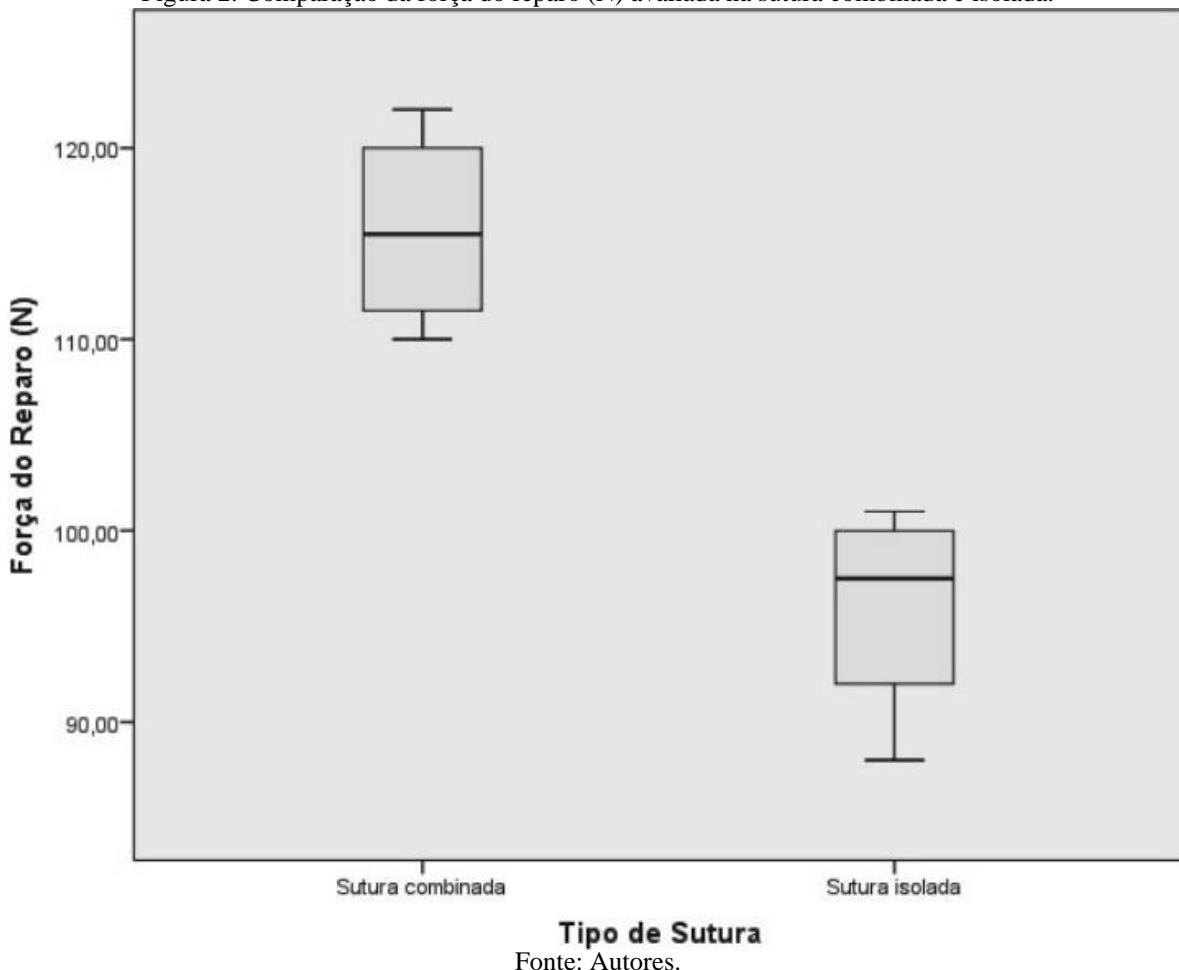
Tabela 2. Medida de força do reparo (N) comparando dois tipos de sutura. *Teste de Mann-Whitney de amostras independentes

Medida Descritiva	Sutura combinada	Sutura Isolada	P*
mediana	115,50	97,50	0,029
mínimo	110,00	88,00	
máximo	122,00	101,00	
Intervalo interquartil	10,25	10,50	

Fonte: Autores.

Na **figura 2** observa-se que a força do reparo avaliada na sutura combinada foi significativamente maior que na isolada, sendo que o valor máximo da sutura isolada foi menor que o mínimo avaliado na sutura combinada. Portanto, o reparo combinado é significativamente mais resistente.

Figura 2. Comparação da força do reparo (N) avaliada na sutura combinada e isolada.



Tipo de Sutura
Fonte: Autores.

4 DISCUSSÃO

As lesões do tríceps são consideradas relativamente raras, quando comparadas a outros tendões ao redor do cotovelo. Um estudo conduzido por Koplas et al. para avaliar a prevalência desse tipo específico de lesão, selecionou voluntários cujos cotovelos foram submetidos a exames de ressonância nuclear magnética (RNM) pós-trauma. Dentro desse grupo, foi identificado que as lesões do tríceps representavam apenas 3,8% dos casos⁸. Além disso, é uma lesão frequentemente mal diagnosticada, devido aos sinais e sintomas inespecíficos. Entre os principais sintomas da ruptura do tendão, podem estar presentes: equimose local, dor e perda da extensão ativa².

Considerando em particular as lesões parciais, a chance de não se obter um diagnóstico correto é ainda maior, pois elas podem não apresentar déficit de extensão do cotovelo, GAP palpável ou equimose¹⁰. Avaliações clínicas podem ser imprecisas e não diagnosticar a lesão, por isso, na presença de uma perda de força de extensão, a RNM deve ser sempre indicada. Em 1987, Herrick e Herrick relataram o quadro de um paciente com uma lesão completa do tríceps, realizando 100kg no supino¹¹. Já em um caso mais recente, relatado em 2017, um paciente de 42 anos, com uma lesão parcial do tríceps, não pode ser diagnosticado em avaliação inicial. Os sintomas apresentados após três meses de



lesão foram dificuldades na realização de atividades que exigiam força de extensão do cotovelo, sem que ele apresentasse alterações no exame clínico¹².

Usualmente, a ruptura do tríceps distal acontece como um resultado de uma contração excêntrica, uma queda com a mão espalmada e o cotovelo em extensão, ou ainda um trauma direto. Alguns esportes estão associados a lesões agudas do tríceps. Entre eles, o levantamento de peso é o mais recorrente¹³. A força de carga até a falha do tendão do tríceps é de 1741 N, semelhante a do tendão patelar 1900 N. Após um reparo cruzado transósseo, a carga média até a falha é de 317 N⁷. Para a avaliação durante o exame físico, o teste de Thompson modificado, descrito por Viegas em 1990 – pode ser aplicado, realizando uma compressão do tríceps a 90°.

Lesões do tríceps também estão associadas a algumas doenças sistêmicas, como artrite reumatoide, insuficiência renal crônica, diabetes, hipoparatireoidismo⁴. Inclusive, as injeções de esteroides no tratamento de doenças como tendinite do tríceps ou bursite do olécrano também estão associadas a essas lesões¹⁴. Em 2014, um estudo relacionou a presença de bursite crônica do olécrano como um fator de risco para a ruptura do tríceps⁵.

Independente do mecanismo da lesão, as rupturas geralmente se dão na inserção óssea, onde pode haver avulsão de fragmento ósseo. Dunn et al, observaram o *Dunn-Kusnezov Sign (DKS)* presente em 88% dos pacientes. Esse sinal é avaliado através da radiografia em perfil do cotovelo, de acordo com o estudo². As lesões do tríceps também podem aparecer na transição músculo-tendínea, intrassubstancial, parcial ou completa. É importante destacar que lesões com comprometimento <50 % do tendão, podem ser tratadas de forma não cirúrgica com uma tala em extensão e retorno às atividades com aproximadamente 3-6 meses¹⁵.

Em 2010, foi realizado um estudo comparando três métodos de reparo: reparo cruzado, reparo com âncoras de sutura e reparo anatômico com duas âncoras absorvíveis e duas âncoras sem nó. O reparo anatômico restaurou o *footprint* com mais precisão, cobrindo 86% da área afetada. Já a técnica com âncoras apresentou um resultado de 48%, e a sutura transóssea, de 31%¹⁵. Ao comparar as taxas de infecção entre o reparo transósseo e a sutura com âncoras, não foram encontradas diferenças significativas. O mesmo aconteceu com as taxas de revisão cirúrgica e ocorrência de re-ruptura. Em 2003, um artigo publicado por Van Riet et al., já havia descrito a técnica de reparo cruzado transósseo, observando uma taxa de re-ruptura de 21%¹⁶.

Uma pesquisa realizada por Mirzayan et al., em 2015 (que analisou 150 casos de ruptura e reparo no tendão do tríceps) identificou que, nos reparos realizados com âncoras, os pacientes retornaram mais cedo às suas atividades¹⁰. Paralelamente, um estudo publicado no ano anterior estabeleceu uma comparação entre a sutura transóssea e um reparo anatômico, utilizando túneis ósseos e âncoras sem nó. Esse experimento foi realizado com cadáveres, e após testes biomecânicos, os



pesquisadores concluíram que um reparo por túneis ósseos associado à âncora sem nó é a alternativa que apresenta maior resistência¹⁷

As lesões crônicas com retração podem exigir uma reconstrução com autoenxerto ou aloenxerto. Para os defeitos menores pode ser usada uma técnica de reparo em avanço V-Y, descrito por Abraham e Pankovich. Outra técnica descrita para lesões crônicas é a rotação de retalho do músculo ancôneo, descrito por Sanchez-Sotelo e Morrey¹⁸.

Como é possível observar pela discussão em torno desse tema, não existe um consenso sobre a melhor técnica de reparo para as lesões do tríceps. Os procedimentos distintos oferecem vantagens e desvantagens, e a resistência mecânica do tendão após o reparo é um dos fatores a se considerar, sendo esta fundamental para a reabilitação precoce. Apesar disso, o presente estudo reconhece as limitações a que esteve submetido durante sua execução. Entre elas a dificuldade de realizar o estudo em seres humanos, a própria capacidade funcional do próprio aparelho utilizado para realizar a tensão, registrando apenas o pico de tensão máxima. Além disso, ainda não existe também um consenso definido sobre a posição típica do cotovelo para esse padrão de lesão. Mesmo assim, foram apresentados os resultados de acordo com as possibilidades do estudo empreendido.

5 CONCLUSÃO

Comparando a tensão no tendão após o reparo com as duas técnicas aqui analisadas, o reparo transósseo e o reparo combinado, é possível determinar que o reparo combinado ofereceu maior resistência. Portanto, o reparo combinado é biomeanicamente mais resistente do que o reparo transósseo isolado.



REFERÊNCIAS

1. Partridge R. *A case report of a case of ruptured triceps cubiti*. In: **Medical Times Gazette** (1868): 1:175
2. Dunn JC; Kusnezov N; Fares A; Rubin S; Orr J; Friedman D; Kilcoyne K. *Triceps Tendon Ruptures: A systematic review*. In: **Hand** 12(5), (2007): 431-438
3. Anzel SH; Covey KW; Weiner AD. *Disruption of muscles and tendons: An analysis of 1014 cases*. **Surgery** 45(3), (1959): 406-414
4. Tagliafico A; Gandolfo N; Michaud J; Miguel M. *Ultrasound demonstration of distal triceps tendon tears*. In: **European Journal of Radiology** 81(6), (2012): 1207-1210
5. Tom JA; Kumar NS; Cerynik DL; Douglas L; Mashru R; Parrella MS. *Diagnosis and treatment of triceps tendon injuries: A review of literature*. In: **Clinical Journal of Sport Medicine** 24, (2014): 197
6. Golshani B; Bindra Jasjeet; Hunter JC. *Bilateral triceps tendon tear*. In: **Radiology Case Reports** 6(4), (2011)
7. Petre BM; Grutter PW; Rose DM; Belkoff SM; McFarland EG; Petersen SA. *Triceps Tendons: A biomechanical comparison of intact and repaired strength*. In: **Journal of Shoulder and Elbow Surgery** 20(2), (2011): 213-218.
8. Koplas MC; Schneider E; Sundaram M. *Prevalence of triceps tendon tears of MRI of the elbow and clinical correlation*. In: **Skeletal Radiology** 40(5), (2011): 587-594
9. Barco R; Sánchez P; Morrey ME; Morrey BF; Sánchez-Sotelo J. *The distal triceps tendon insertional anatomy – Implications for surgery*. In: **Journal of Shoulder and Elbow Surgery: Open Source** 1(2), (2017): 98-103
10. Mirzayan R; Singh A; Acevedo DC; Sodl JF; Yian E; Navarro RA. *Surgical treatment of 150 acute distal triceps tendon ruptures*. In: **Journal of Shoulder and Elbow Surgery** 24, (2015): 120
11. Herrick RT; Herrick S. *Ruptured triceps in a powerlifter presenting as cubital tunnel syndrome: A case report*. In: **The American Journal of Sports Medicine** 15(5), (1987): 514-516
12. Figueiredo EA; Lara PHS; Patriota G; Júnior RR; Belangero PS; Ejnisman B. *Ruptura parcial do tríceps distal em atleta: Relato de caso e descrição de técnica cirúrgica*. In: **Revista Brasileira de Ortopedia** (2018)
13. Sollender JL; Rayan GM; Barden GA. *Triceps tendon rupture in weight lifters*. In: **Journal of Shoulder and Elbow Surgery** 7(2), (1998): 151-153
14. Stannard JP; Bucknell AL. *Rupture of the triceps tendon associated with steroid injections*. In: **The American Journal of Sports Medicine** 21(3), (1993): 482-485
15. Yeh PC; Stephens KT; Solovyova O; Obopilwe E; LR Smart; Mazzocca AD; Sethi PM. *The distal triceps tendon footprint and a biomechanical analysis of 3 repair techniques*. In: **The American Journal of Sports Medicine** 38(5), (2010): 1025-1033



16. Van Riet RP; Morrey BF; Ho E; O'Driscoll SW. *Surgical treatment of distal triceps ruptures*. In: **Journal of Bone and Joint Surgery: American Volume** 85-A (10), (2003): 1961-1967
17. Paci JM; Clark J; Rizzi A. *Distal triceps knotless anatomic footprint repair: A new technique*. **Arthroscopy Techniques** 3(5), (2014): 621-626
18. Sanchez-Sotelo J; Morrey BF. *Surgical techniques for reconstruction of chronic insufficiency of the triceps: Rotation flap using anconeus and tendo achillis allograft*. In: **The Journal of Bone and Joint Surgery: British volume** 84(8), (2002): 1116-1120