

ROGÉRIO MEIRA BARROS

**Avaliação biomecânica comparativa entre a
reinserção de tendões por meio de
canaleta óssea e de âncora:
*estudo experimental em coelhos***

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Mestre em Ciências
Área de concentração: Ortopedia e Traumatologia
Orientador: Dr. Arnaldo Amado Ferreira Neto

São Paulo
2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor
2007

Barros, Rogério Meira

Avaliação biomecânica comparativa entre a re-inserção de tendões por meio de canaleta óssea e de âncora : estudo experimental em coelhos / Rogério Meira Barros. -- São Paulo, 2007.

**Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.**

Departamento de Ortopedia e Traumatologia.

Área de concentração: Ortopedia e Traumatologia.

Orientador: Arnaldo Amado Ferreira Neto.

**Descritores: 1.Tendões/cirurgia 2.Técnicas de sutura
3.Bainha rotadora/cirurgia 4.Biomecânica 5.Coelhos**

USP/FM/SBD-087/07

Dedico esta tese ao meu pai Walter dos Santos Barros que um dia sonhou que eu seria médico, e a minha mãe Maria da Conceição Meira Barros que fez com que esse sonho se realizasse.

Dedico também à minha futura esposa Gisela Carvalho pela cumplicidade que teve na realização desta tese.

Agradecimento especial

Ao Dr. Arnaldo Amado Ferreira Neto e Dr. Marcos Almeida Matos e suas respectivas famílias pela atenção e apoio indispensáveis na realização deste trabalho.

Agradecimentos

Aos meus colegas **Dr. Renato Ribeiro Gonçalves** e **Carlos Sebastião Barbosa** pelo apoio e compreensão.

Ao **Laboratório de Investigação Médica do Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Universidade de São Paulo**, nas pessoas de **Dr. Raul Bollinger Neto** e **César Augusto M. Pereira** pela colaboração no estudo Biomecânico.

À **Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública**, principalmente **Dr. Celso Figueroa**, a **Dra Maria Luiza Soleani** e a Funcionária **Euniciana Santos**, pelo valioso auxílio na realização deste projeto.

Ao **Dr. Flávio Robert Sant`Ana** e a todos os colegas do **Hospital Santa Izabel** pelo estímulo na realização deste mestrado.

Sumário

Lista de Siglas e Abreviaturas	iv
Lista de Gráficos.....	v
Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	5
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4. MATERIAL E MÉTODO	20
4.1 MATERIAL.....	20
4.2 MÉTODO.....	21
4.2.1 PADRONIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	21
4.2.2 ANESTESIA.....	23
4.2.3 TÉCNICA OPERATÓRIA.....	24
4.2.4 EUTANÁSIA.....	28
4.2.5 COLETA E PREPARAÇÃO.....	29
4.2.6 ESTUDO BIOMECÂNICO.....	30
4.2.7 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	32
5. RESULTADOS	36
6. DISCUSSÃO	42
7. CONCLUSÕES	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

°C	graus Celsius
<i>et al.</i>	<i>et alli</i> = e colaboradores (as)
g	grama
Kg	quilograma
Mg/Kg	miligrama por quilograma
mg	miligrama (s)
N	Newton
N/mm	Newton por milímetro
N/m	Newton por metro
cm	centímetro
mm	milímetro
n°	numero
ml	mililitro
%	porcentagem
Kgf	quilograma-força
mm/min	milímetro por minuto
sem	semanas
PDS	polidioxane

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** - Representação da média da força máxima nos grupos âncora e canaleta óssea nas diferentes fases de cicatrização.....37
- Gráfico 2** - Representação da média da rigidez nos grupos âncora e canaleta óssea nas diferentes fases de cicatrização38
- Gráfico 3** - Representação da média da força no limite de proporcionalidade nos grupos âncora e canaleta óssea nas diferentes fases de cicatrização.....39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Freqüência das rupturas provocadas (RP) segundo a localização na unidade músculo-tendão-osso durante os ensaios biomecânicos, para os grupos âncora e canaleta óssea, nos períodos considerados, e para o grupo controle.....36
- Tabela 2** - Valores, em N, referentes à força máxima nos grupos âncora, canaleta óssea e no grupo controle.....37
- Tabela 3** - Significância dos testes Kruskal Wallis (KW) e “U” de Mann-Whitney (U) no parâmetro força máxima, em N, comparando grupo controle com os dois grupos experimento com três, seis e 12 semanas.....37
- Tabela 4** - Valores, em N/mm, referentes à rigidez nos grupos âncora, canaleta óssea e no grupo controle38
- Tabela 5** - Significância dos testes Kruskal Wallis (KW) e “U” de Mann-Whitney (U) no parâmetro rigidez, comparando grupo controle com os dois grupos experimento com três, seis e 12 semanas.....38
- Tabela 6** - Valores, em N, referentes à força no limite de proporcionalidade nos grupos âncora, canaleta óssea e no grupo controle39
- Tabela 7** - Significância dos testes Kruskal Wallis (KW) e “U” de Mann-Whitney (U) no parâmetro força no limite de proporcionalidade, comparando grupo controle com os dois grupos experimento com três, seis e 12 semanas.....39
- Tabela 8** - Valor percentual da força máxima alcançada nos grupos âncora e canaleta óssea com três, seis e 12 semanas em relação ao grupo controle.....40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da destinação dos coelhos.....	23
Figura 2 – Visão Posterior de tendão <i>plantaris</i> (seta larga) e tendão calcâneo seccionado (seta preta)	25
Figura 3 – Feitura da canaleta óssea no calcâneo (seta larga)	26
Figura 4 – Colocação da âncora no calcâneo (seta larga).....	27
Figura 5 – Imobilização de membro pélvico com órtese de material termoplástico com extensão da pata em 90°.	28
Figura 6 – Peça composta de “músculo-tendão-osso” (P - tendão plantaris, C - tendão calcâneo, O - osso calcâneo)	29
Figura 7 – Conjunto de garra superior cônica e garra inferior retangular e tendão calcâneo.....	31
Figura 8 – Posicionamento com angulação de 135° entre garra retangular inferior e a garra cônica superior com termômetro acoplado.	31
Figura 9 – Diagrama hipotético de um ensaio de tração. Evidenciando o limite de proporcionalidade (LP), a força no limite de proporcionalidade (FLP) e força máxima (Fmax) e rigidez.	32

RESUMO

**BARROS, R.M. AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA COMPARATIVA
ENTRE A REINSERÇÃO DE TENDÕES POR MEIO DE
CANALETA ÓSSEA E DE ÂNCORA:
ESTUDO EXPERIMENTAL EM COELHOS.**

São Paulo, 2007. 61p. Dissertação (mestrado)- Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo.

INTRODUÇÃO: A reinserção de tendão do manguito rotador desperta muito interesse de pesquisadores na busca da técnica menos agressiva e que possibilite maior resistência ao reparo. Neste trabalho avaliamos comparativamente através da cirurgia experimental a reinserção de tendão feita por canaleta óssea e por âncora em diferentes fases de cicatrização.

MATERIAL E MÉTODO: Foram utilizados 24 coelhos da raça Nova Zelândia Albino, dois como piloto, quatro como grupo controle e 18 como grupo experimento. Os 18 animais foram submetidos à secção e reinserção do tendão calcâneo bilateralmente com as técnicas de canaleta óssea de um lado e âncora do outro. Todas as patas operadas ficaram imobilizadas por três semanas. O grupo experimento foi dividido em 3 grupos de animais em que a eutanásia foi realizada com três, seis e outro com 12 semanas. O complexo tendão-osso foi submetido a estudo biomecânico, sendo avaliado os parâmetros da força máxima, rigidez e força no limite de proporcionalidade. **RESULTADO:** não houve diferença estatisticamente significativa em relação à força no limite de proporcionalidade, rigidez e força máxima entre o grupo da âncora com o grupo da canaleta óssea nos períodos estudados. **CONCLUSÃO:** a técnica da âncora se mostrou semelhante à técnica da canaleta óssea nos parâmetros estudados.

SUMMARY

BARROS, R. M. **BIOMECHANICAL EVALUATION OF TENDONS REINSERTION BETWEEN TUNNEL SUTURE AND ANCHOR FIXATION TECHNIQUES: ASSAY IN RABBITS** [Dissertation]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2007. 61p.

INTRODUCTION: The rotator cuff repair arouses great interest in researchers in the search for a less aggressive technique that enables a stronger repair to be made. In this study, a comparative assessment was made by experimental surgery of tendon reinsertion done through the bone tunnel and anchor techniques in different phases of tendon healing.

MATERIAL AND METHOD: Twenty-four New Zealand Albino rabbits were used; two as pilot, four as control and 18 as experimental group. The 18 animals were submitted to section and reinsertion of the calcaneus tendon bilaterally, with the bone tunnel technique on the one side and the anchor technique on the other. All the feet operated on were immobilized for 3 weeks. The experimental group was divided into 3 groups of animals, in which euthanasia was performed at three, six and at 12 weeks in the other. The tendon-bone complex was submitted to biomechanical study, and the maximum strength, rigidity and elasticity parameters were assessed.

RESULT: There was no statistical difference as regards elasticity, rigidity and maximum strength between the anchor group and the bone tunnel group in the three periods assessed.

CONCLUSION: The anchor technique was shown to be similar to the bone tunnel technique in parameters assessed.

1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A lesão do manguito do manguito rotador é causa freqüente de disfunção e dor em pacientes acima da quinta década de vida. O tratamento conservador tem resultados desapontadores nos casos de ruptura total do manguito rotador. A melhor forma de repara-las ainda é assunto controverso dentro da cirurgia do ombro, principalmente no que se refere à utilização de âncoras para a sua reinserção (CRAFT, 1996; AHMAD, 2005).

Antes do advento da cirurgia por via artroscópica, a reinserção dos tendões era feita diretamente no osso esponjoso através de túnel ósseo (MCLAUGHLIN 1951). Apesar dos bons resultados deste método, até então considerado a melhor forma de tratamento, ainda existem pontos de discussão em relação à cicatrização e resistência mecânica do tendão reinserido em leito de osso cortical, por meio de âncoras, ou no osso esponjoso por meio de canaleta óssea. KERNWEIN et al. (1938) acreditam que a cicatrização ocorria por meio de ossificação e era mais acentuada no osso cortical que no esponjoso. Partindo da mesma idéia, St. PIERRE (1995) realizou estudo histológico e biomecânico e não observou diferença entre os dois tipos de reinserção. Entretanto POPPEN (1988) e CRENSHAW (1992) mostraram que a resistência da reinserção no osso cortical era menor em relação ao osso esponjoso.

Nos anos 80, com a introdução dos procedimentos operatórios por via artroscópica no tratamento das doenças do ombro, houve necessidade de se utilizar novos meios de fixação. As âncoras possibilitaram, por essa nova técnica, a reinserção de partes moles no osso (BAGLEY, 1990 e RICHMOND, 1991 apud HECKER et al, 1993). Com o desenvolvimento desses materiais e maior experiência dos cirurgiões em utilizá-los, REED (1996) e BURKHART (1997) mostraram as vantagens da utilização da âncora e salientaram sua superioridade em relação às técnicas tradicionais. Apesar disso, autores como ROSSOUW et al. (1997) mostram que os reparos feitos com âncoras (colocadas no osso cortical) não proporcionam vantagens sobre a técnica de sutura convencional.

Apesar da frequência com que se realizam reinserções de tendões, ainda persistem dúvidas a serem esclarecidas. Existem poucos trabalhos que comparam a resistência mecânica das técnicas de reinserção de tendões em e canaleta óssea e por meio de âncoras (HECKER et al., 1993; CRAFT et al., 1996; LEWIS et al., 1999) de forma evolutiva, nas diferentes fases da cicatrização do tendão.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é comparar a resistência mecânica entre as reinserções tendinosas por meio da canaleta óssea e de âncoras, em estudo experimental em coelhos nas diferentes fases de cicatrização.

REVISÃO DE LITERATURA

3. REVISÃO DE LITERATURA

Kernwein et al. (1938) realizaram trabalho experimental para avaliação histológica da reinserção em osso usando tendões, fascia lata e ligamentos de 67 animais. O acompanhamento variou de 60 a 361 dias. Os autores concluíram que a cicatrização ocorria por meio de ossificação e era mais acentuada no osso cortical que no esponjoso.

Mason & Allen (1941) em estudo clássico avaliaram a resistência da cicatrização de tendões em cães. Os animais foram divididos em 5 grupos (quatro usando tendões flexores e um usando tendão extensor) e ficaram imobilizados por até 68 dias. O trabalho mostrou que a utilização de imobilização por três semanas é o tempo ideal para que o tendão tenha maior resistência. Os animais que utilizaram imobilização por tempo prolongado não apresentaram vantagens sobre o grupo que utilizou a imobilização por três semanas, seguidas de mobilização ativa.

Kernwein (1942) realizou trabalho experimental com objetivo de estudar, no período compreendido entre a fibroplasia e a maturação, os fatores que influenciavam o tendão na cicatrização junto ao osso. Os animais foram sacrificados com intervalos de um a 173 dias medindo-se a força de tensão por ensaio biomecânico. O autor concluiu que a cicatrização do tendão se dá por ossificação gradual com incorporação do tendão ao

osso. Afirmou que o tempo ideal de imobilização é de 21 dias e que períodos maiores, diminuem o grau de resistência mecânica.

Whinston & Walmsley (1960) realizaram trabalho em coelhos com o objetivo de avaliar a evolução histológica que ocorre no processo de cicatrização do tendão quando fixado em túnel ósseo. O tempo de observação variou de oito horas até 307 dias. Concluíram que a cicatrização ocorre através da infiltração de células provenientes do osso, no tendão degenerado, que irão formar um novo tendão.

Forward; Cowan (1963), experimentalmente, avaliaram oito técnicas mais utilizadas na reinserção de tendão e estudaram a evolução histológica do processo de cicatrização. Na técnica cirúrgica foi seccionado e reinserido o tendão calcâneo sem preservar o tendão plantaris. Observaram que a mortalidade operatória foi de 5,4% e aproximadamente 10% de infecção. Os coelhos foram imobilizados em período de até três semanas. Concluíram que o tempo de imobilização deve ser maior que três semanas, pois houve índice aumentado de separação tendão-osso nos coelhos com esse período de imobilização e acreditam que o processo de cicatrização ocorre principalmente na área cortical.

Levine et al. (1966) em estudo experimental e comparativo em coelhos, avaliaram a cicatrização do tendão do ponto de vista biomecânico e histológico. Realizaram a reinserção de tendão em parte dos animais nos membros anteriores e parte nos membros posteriores (pélvicos). Comentam que tiveram muitas perdas naqueles animais em que a cirurgia foi realizada

nos membros pélvicos e também índice mais elevado de infecção. Os coelhos foram operados e sacrificados com quatro, sete, 14, e 21 dias. Concluem que a reinserção tendão-osso é mais resistente que a reinserção tendão-tendão.

Viidik & Lewin (1966) avaliaram, em estudo experimental, a resistência dos ligamentos de joelho de coelhos conservados através de quatro diferentes métodos comparando com um grupo controle. O primeiro guardado em solução salina por cinco horas a 20°C, o segundo em solução salina por 24 horas a 4°C, o terceiro por sete dias a -20°C e o último com formaldeído a 10% por seis dias. O terceiro grupo não variou na forma da curva carga/deformação e não mostrou diferença estatística em relação ao grupo controle.

Welsh (1971) realizou estudo mecânico em coelhos com o objetivo de avaliar as características biomecânicas das seguintes estruturas: músculo-tendão-osso, tendão-osso e tendão somente. Salientam as dificuldades enfrentadas no trabalho em fixar o tendão na garra da máquina de tração, observando que o mesmo escorregava pela garra.

Ketchum (1977), em artigo de revisão, salientou os vários aspectos da reinserção do tendão, mostrando a importância da microcirculação no processo de cicatrização. Relatou que a técnica de sutura mais agressiva inicialmente propicia maior segurança, mas que prejudica a microcirculação. Comentou em outro trabalho realizado, comparando várias técnicas de fixação, que a sutura simples apresentou a mesma resistência quando

comparado com as suturas mais elaboradas. Ressaltou que a imobilização por três semanas é necessária para uma adequada cicatrização e que períodos inferiores a esse favoreceram a re-ruptura.

Steiner (1982) coloca que o primeiro estudo biomecânico sobre a cicatrização de tendão foi feito por Paget em 1853. Em seu trabalho Steiner realizou estudo biomecânico da cicatrização do tendão calcâneo de ratos em diferentes períodos de cicatrização, que tiveram seus tendões tenotomizados e não suturados. Após duas, três e quatro semanas realizaram-se ensaios para avaliar a força linear, a força máxima, deformação linear, energia para ruptura total. O autor não avaliou a tensão (força/ área do tendão), pois a medida da área do tendão é falha devido ao tecido fibroso ao redor do tendão e do edema. Relatou que houve o escorregamento do tendão nos estudos em que se utiliza o clampe. Conclui que ao final de quatro semanas a força máxima do tendão é aproximadamente 25% do normal.

Nystrom & Holmlund (1983), em estudo experimental em coelhos, realizaram tenotomia do tendão calcâneo dividindo os animais em dois grupos. No primeiro grupo os tendões foram suturados pela técnica de sutura tendão-tendão. No outro grupo foram tratados sem sutura. Os animais foram subdivididos em grupos sem imobilização e com imobilização por sete, 16 e 35 dias. Os autores concluíram que a imediata imobilização após a sutura do tendão calcâneo, por no mínimo sete dias, se mostrou benéfica na cicatrização do tendão e contribui para a regeneração do músculo.

Hecker et al. (1993) comentam que as âncoras foram desenvolvidas para fixar tendões temporariamente, até o surgimento das fibras perforantes (Sharpey), responsáveis pela fixação definitiva ao osso. Realizaram testes biomecânicos para verificar a resistência máxima das suturas com âncoras em relação à sutura tradicional (transossea) em dez pares de ombros de cadáveres congelados. Foram criadas lesões de bankart e de manguito e as mesmas reparadas com as técnicas descritas acima. Não encontraram diferença significativa entre as duas técnicas.

Rodeo et al. (1993) estudaram, do ponto de vista histológico e biomecânico, as propriedades da cicatrização de tendão submetidos a carga fisiológica. Realizaram estudo da integração tendão-osso em 20 cães adultos, que tiveram o tendão extensor longo dos dedos transplantados para um túnel ósseo na tíbia, e mantidos sem imobilização. Os animais foram sacrificados com dois, quatro, oito, 12 e 26 semanas. Nos grupos de dois, quatro, oito semanas houve falha na soldura do tendão do túnel ósseo. Nos outros dois as falhas ocorreram junto ao clampe que fixava o tendão ou na substância do mesmo. Os autores relacionaram a maior resistência mecânica devido ao crescimento ósseo e mineralização do enxerto. Recomendam a imobilização do membro por oito a 12 semanas após a reparação do tendão.

Grana et al. (1994) estudaram, em coelhos, as alterações histológicas e as propriedades biomecânicas da reconstrução do ligamento cruzado anterior com tendão de semitendíneo. No protocolo utilizaram dois animais

como grupo controle, e a antibióticoterapia durante cinco dias no período de PO. Relatam a perda de dois animais. O resultado do estudo histológico mostrou que a fixação do enxerto junto ao osso ocorre através da formação de fibras colágenas semelhantes às fibras de Sharpey e por meio do crescimento de tecido ósseo no túnel.

Guerber et al. (1994) observaram as características mecânicas das técnicas de reparo do manguito de uso corrente, estudando as técnicas de sutura (com âncoras e túnel ósseo), a resistência dos fios, o tipo e seqüência de nós. O artigo traz que o melhor fio para se utilizar é o ethbond dois, que o tempo ideal de cicatrização é de seis semanas e que a seqüência de nós mais resistentes é com um no duplo, seguido de dois nos simples.

St. Pierre et al. (1995) em estudo realizado em carneiros, tinham como objetivo mostrar que a técnica de fixação em canaleta de osso esponjoso era mais resistente do que a técnica de fixação em osso cortical. Foram utilizados 24 animais, quatro para estudo piloto, 16 para o estudo biomecânico e quatro para estudo histológico. Os carneiros não foram imobilizados e a eutanásia realizada entre seis e 12 semanas. Os resultados mostraram que os achados histológicos foram semelhantes e no estudo biomecânico não houve diferença entre os dois grupos.

Craft et al. (1996) mencionam que reparação do manguito rotador é assunto controverso e avaliaram a resistência sutura do manguito rotador, em cadáveres, com vários tipos de âncoras de terceira geração

comparando-as com a sutura através de túnel ósseo. Concluem que a resistência mecânica nos dois grupos foi semelhante.

Reed et al. (1996) realizaram testes biomecânicos comparativos entre as técnicas reinserção do manguito por meio de âncora e por túnel ósseo utilizando ombro de cadáveres com idade média de 65 anos. Os resultados demonstraram que o reparo com a técnica da âncora foi significativamente mais resistente que a técnica por túnel ósseo. No grupo “túnel ósseo” as falhas ocorreram principalmente por fratura do osso, e no outro grupo elas ocorreram devido a quebra dos fios. Concluíram que a reinserção no grupo “âncora” foi mais resistente em relação ao grupo túnel ósseo e comentam ser mais prática a sua utilização.

Burkhart et al. (1997) comentaram que as falhas cirúrgicas do reparo do manguito rotador podem ocorrer devido à fratura do osso, ruptura do tendão e quebra do fio de sutura. Analisaram a resistência mecânica da fixação do manguito rotador com uso de âncoras, através de teste biomecânico cíclico para simular as cargas fisiológicas. Compararam o resultado deste trabalho com estudo biomecânico anterior (ensaios de carga cíclica) onde utilizaram o reparo através de túnel ósseo. Os autores concluíram que fixação do manguito rotador com uso de âncoras foi estatisticamente mais resistente e que neste grupo o sítio de falha mais freqüente foi no tendão.

Cadwell et al. (1997) realizaram estudo em 45 ombros de cadáveres. O objetivo do estudo foi avaliar a variação da resistência da sutura

transóssea no tubérculo maior, se feito no ápice e distalmente, e também o uso de uma placa de polietileno para reforço da sutura. As suturas foram feitas no ápice do tubérculo maior, a 10mm, 20mm e a 30mm distalmente. Através do resultado, os autores verificaram que a espessura da cortical aumenta à medida que se distancia do tubérculo maior. Entenderam que estudos comparando sutura transóssea e âncora não são adequados, pois não é especificado o local onde foi feita a sutura. Concluíram que a resistência da sutura transóssea pode ser melhorada realizando-se a sutura 10mm distal ao tubérculo maior e que a utilização do “boton”(placa de polietileno) pode ajudar nos casos de osso osteoporótico.

Rossouw et al. (1997) citam que o reparo do manguito rotador é feito na maioria das vezes em osso osteopênico, sendo este um ponto que fragiliza o reparo. Outro aspecto é que o tempo de imobilização, se prolongado, pode causar rigidez e enfraquecimento do tendão e, se curto, pode impedir a cicatrização adequada do mesmo. Testaram, em ombros de cadáveres, por meio de ensaios biomecânicos cíclico, dois locais de fixação da âncora. Os resultados mostraram que as âncoras, quando colocadas na cortical lateral, se mostraram mais resistentes do que aquelas colocadas no tubérculo maior. Os autores concluíram que os reparos feitos com âncoras não proporcionam vantagens sobre a técnica de sutura convencional.

Pereira (1998) realizou trabalho experimental em coelhos para avaliar o comportamento biomecânico na integração do enxerto do tendão semitendíneo nos túneis ósseos utilizados para reconstrução de ligamento

cruzado anterior. Relatou que houve falecimento de cinco animais antes da data da eutanásia, e perda de quatro coelhos por problemas nos ensaios biomecânicos. O autor concluiu que a partir da quarta semana houve integração do tendão no túnel femoral e na tíbia só ocorreu na décima segunda semana.

Stheno-Bittel et al. (1998) realizaram trabalho experimental em coelhos para avaliar comparativamente os efeitos do uso da imobilização rígida e da funcional na cicatrização do tendão calcâneo. Após 15 dias os animais eram submetidos à eutanásia e o estudo bioquímico e biomecânico realizado. Constataram aumento de 60% do colágeno no grupo funcional, porém as ligações colágenas maduras estavam reduzidas em 8% em relação ao grupo da imobilização rígida. No estudo biomecânico, este grupo apresentou 20% a mais de resistência quando comparado ao grupo de imobilização rígida, porém sem significância estatística. Os autores concluem que a imobilização funcional não aumenta o índice de re-ruptura.

Lewis et al. (1999) realizaram estudo em carneiros onde foram comparadas as reparações do manguito rotador através de túnel ósseo e por meio de âncora absorvível sem uso de imobilização. Nos ensaios utilizaram garra criogênica para fixação do conjunto músculo-tendão para avaliar a força máxima e a rigidez. Os animais foram submetidos à eutanásia nas semanas zero, três, seis, nove e 12. Concluem que em relação à força máxima e rigidez, não houve diferença estatística entre os dois métodos de

reparação bem como entre as semanas de sobrevida avaliadas excetuando-se a semana zero.

Para avaliar as propriedades mecânicas e alterações histológicas **Shaieb** et al. (2000) compararam a técnica de reinserção do tendão calcâneo através de túnel ósseo (osso esponjoso) com a técnica de reinserção no osso cortical (tendão justaposto ao osso). Na técnica cirúrgica foi optado pela preservação do tendão plantaris. Utilizaram coelhos que foram submetidos à eutanásia com um, dois, quatro, seis, 12 semanas de sobrevida. Dois animais foram selecionados para o estudo biomecânico e um para o estudo histológico totalizando 30 exemplares. Todos os animais foram imobilizados em flexão plantar por até três semanas. Verificaram que a força máxima aumentou progressivamente com o passar do tempo e que não houve diferença estatística entre os dois métodos. Com relação ao estudo histológico, a fixação ocorreu através da formação das fibras de Sharpey, unindo o tendão ao osso cortical, e que houve reabsorção do tendão dentro do túnel ósseo. O estudo mostrou que a técnica de reinserção de tendão no osso cortical se mostrou igual a técnicas mais complexas como a do túnel ósseo.

Yasuda et al. (2000) em estudo biomecânico e histológico, avaliaram o efeito da imobilização após a reparação do tendão calcâneo em coelhos. Os animais foram divididos em dois grupos sendo o primeiro com imobilização incluindo o joelho e o outro mantendo esta articulação livre. Os resultados mostraram que no primeiro grupo a imobilização total do membro

foi prejudicial à cicatrização do tendão devido à diminuição da vascularização local. Comentaram que, neste tipo de imobilização, a falta de tensão adequada interfere no alinhamento das fibras colágenas em formação.

Thermann et al. (2001), realizaram a tenotomia do tendão calcâneo de coelhos e compararam três técnicas diferentes de tratamento: no primeiro grupo o tendão foi suturado com fio do tipo PDS, no segundo usaram cola de fibrina sem sutura e no terceiro sem qualquer método de reparo. Todos os animais foram imobilizados por seis semanas com órtese que limitava a dorsi-flexão. Os mesmos foram submetidos à eutanásia com dois, quatro, oito e 12 semanas. Os tendões foram dissecados com o músculo adjacente e o osso calcâneo. A porção músculo-tendinosa foi colocada em garra tipo reservatório, onde foi adicionado nitrogênio líquido, congelando a porção do músculo, sem interferir com o tendão, possibilitando uma fixação firme da garra por dois minutos. O osso calcâneo foi fixado com garra normal e o teste realizado após pré-tensionamento de 5N. Com este trabalho chegou-se à conclusão que o tratamento funcional, não cirúrgico, alcança proteção suficiente e cicatrização no tratamento da ruptura do tendão de Aquiles de coelhos.

Demirhan et al. em 2003 compararam em estudo biomecânico com carneiros, a resistência da fixação primária das técnicas de reparo do manguito rotador por túnel ósseo e com uso de âncoras. Os animais foram separados em quatro grupos: o primeiro grupo teve seu reparo do tendão

infraespinal realizado com um ponto de Masson-Allen e dois furos no osso; o segundo grupo foram feitos dois pontos pela técnica anteriormente citada e dois furos no osso; no terceiro grupo o tendão foi fixado ao osso por meio de duas âncoras com ponto simples e o quarto grupo foi feito uma sutura transósseo associado à duas âncoras. Após ensaios biomecânicos os autores concluíram que o reparo do tendão por meio de sutura transossea se mostrou mais forte do que aquele realizado com âncoras.

Ahmad et al. (2005) realizaram estudo em cadáver para avaliar o movimento relativo que ocorre entre o tendão e a grande tuberosidade no reparo do manguito rotador pelas técnicas de âncora e túnel transosseo. Os resultados mostraram que o reparo do manguito rotador realizado com túnel transosseo mostrou que ocorre menor movimento entre o tendão e o osso, quando comparado ao reparo realizado com âncoras. O autor coloca que esse aumento da movimentação dos reparos realizados com âncora são prejudiciais à cicatrização da interface tendão-osso, concluindo que o reparo realizado com túnel transosseo promove uma fixação superior com movimento reduzido nesta interface.

MATERIAL E MÉTODO

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 MATERIAL

O estudo foi realizado em conformidade com aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa do Instituto de Ortopedia e Traumatologia-Universidade de São Paulo e da Escola Baiana de Medicina e Saúde Pública.

A amostra foi constituída por 24 coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) (figura 1), machos, da raça Nova Zelândia Albino, com peso entre 2000 e 3500g, originários do biotério da Escola Baiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador, Bahia e mantidos no mesmo, adequadamente acomodados em gaiolas metálicas, com hidratação adequada e alimentados com ração padrão granulada. Dois animais foram para experimento piloto e padronização do método, quatro para grupo controle. Os animais restantes foram divididos aleatoriamente em três grupos: A (3 semanas de sobrevida), B (6 semanas de sobrevida) , C (12 semanas de sobrevida) e foram compostos por seis animais cada, num total de 18 espécimes (quadro 1). O tamanho da amostra seguiu os critérios de GOMES (1963) que estabelece oito graus de liberdade para cada unidade experimental mais um, num total de nove elementos por unidade experimental. Desta forma cada pata representa uma unidade experimental.

Quadro 1 - Relação dos coelhos segundo o peso, grupo e o destino.

Coelho	Peso(kg)	Grupo	Destino	Observações
1	2,750	Padrão	Piloto	
2	2.500	Padrão	Piloto	
3	2,115	12 semanas	Incluído	
4	3,100	12 semanas	Incluído	
5	3,000	12 semanas	Incluído	
6	2,500	12 semanas	Incluído	
7	2,400	12 semanas	Incluído	
8	3,000	12 semanas	Incluído	
9	2,900	6 semanas	Incluído	
10	2,970	6 semanas	Incluído	
11	2,450	6 semanas	Incluído	
12	3,000	6 semanas	Incluído	
13	2,970	6 semanas	Incluído	
14	3,500	6 semanas	Excluído	Morreu no 10° dia após cirurgia
15	2, 560	3 semanas	Incluído	
16	2,450	3 semanas	Incluído	
17	2,800	3 semanas	Incluído	
18	3,000	3 semanas	Excluído	Morreu no 6° dia após cirurgia
19	2,900	3 semanas	Incluído	
20	3,100	3 semanas	Incluído	
21	2,000	Controle	Não operado	
22	2,100	Controle	Não operado	
23	2,000	Controle	Não operado	
24	2,200	Controle	Não operado	

4.2 MÉTODO

4.2.1 PADRONIZAÇÃO DA AMOSTRA

Dois animais foram para experimento piloto e padronização do método, quatro para grupo controle. Os animais restantes foram divididos aleatoriamente em três grupos: A (3 semanas de sobrevida), B (6 semanas

de sobrevida) , C (12 semanas de sobrevida) e foram compostos por seis animais cada, num total de 18 espécimes (quadro 1). O tamanho da amostra seguiu os critérios de GOMES (1963) que estabelece oito graus de liberdade para cada unidade experimental mais um, num total de nove elementos por unidade experimental. Desta forma cada pata representa uma unidade experimental.

Todos os animais do grupo experimento foram submetidos, na semana “zero”, ao procedimento operatório que constou da secção de ambos os tendões calcâneos dos membros pélvicos adjacentes às suas inserções ósseas, seguidas de reinserção por duas diferentes técnicas. A primeira técnica foi por canaleta óssea (18 tendões) com ponto simples ,confeccionado com fio de poliéster trançado, no tendão e sutura transossea; a segunda, por meio de microâncora 1,3mm Mitek®, colocando-se o tendão justaposto à cortical superior do calcâneo (18 tendões) após sua escarificação. Em cada coelho, foram realizadas, no mesmo ato operatório, as duas técnicas, uma em cada membro pélvico, alternadamente, de forma que se obtivessem quantidades iguais em relação aos lados direito e esquerdo. Os animais foram mantidos com imobilização de material termoplástico por 21 dias conforme preconizado por NYSTROM & HOLMLUND (1983), YASUDA (2000) e MASON & ALLEN (1941) e foram divididos, em períodos pós-operatórios para posterior eutanásia, em três grupos: grupo A – três semanas de PO; grupo B – seis semanas de PO; grupo C - 12 semanas de PO.

O grupo D foi utilizado como controle não sofrendo nenhum tipo de intervenção.

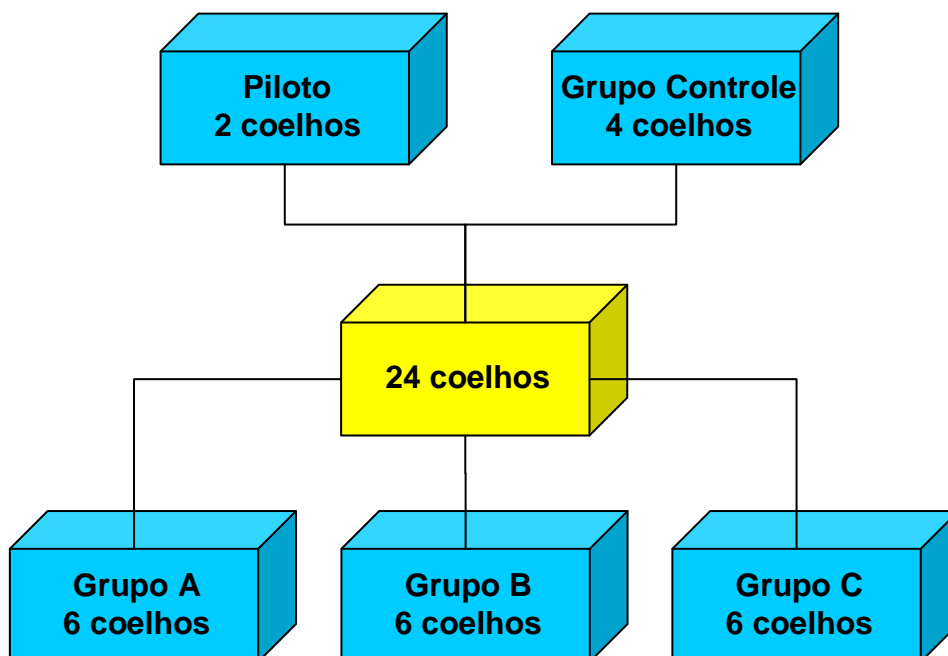


Figura 1 – Fluxograma da destinação dos coelhos

4.2.2 ANESTESIA

A anestesia foi realizada conforme protocolo citado por MATOS (2000) e preconizado por HARKNESS & WAGNER (1993). Os alimentos, exceto a água, foram retirados por oito a 12 horas antes da anestesia. Cada animal recebeu 0,2 mg/kg de sulfato de atropina intramuscular, 30 minutos antes do procedimento, para diminuir o tônus vagal. A anestesia consistiu da aplicação na musculatura da região proximal do membro pélvico de 25 a 30 mg/kg de ketamina e de cinco a 10 mg/kg de diazepam. O procedimento anestésico era complementado por injeção local de xilocaína aplicada no local da incisão. A indução anestésica por esta técnica está estimada entre quatro e 13 minutos, com duração de ação de até 60 minutos.

Antibioticoterapia profilática foi realizada com enrofloxacin na dose de 5 mg/kg (ELMAS, 2002), intramuscular na indução anestésica, sendo mantido por 7 dias. Também foi utilizado para analgesia no período PO (PO) o tramadol 5mg/kg, mantendo-se por 48h.

4.2.3 TÉCNICA OPERATÓRIA

O animal foi posicionado em decúbito ventral em mesa operatória adequada para coelhos. No preparo dos membros pélvicos foi realizado tricotomia da região posterior, anti-sepsia com sabão degermante e álcool iodado a 5% e colocação de campos estéreis fenestrados. O procedimento operatório constou de via de acesso posterior aos membros pélvico de aproximadamente 3cm na região da pele suprajacente aos tendões calcaneanos. Em seguida foi realizada divulsão da pele, do subcutâneo e abertura do retináculo do tendão plantaris, luxado medialmente (figura 2), mantendo sua integridade (SHAIEB, 2000), para exposição do tendão calcâneo e do osso homônimo. O tendão foi seccionado na sua inserção e logo em seguida, reinserido no calcâneo desperiostizado na sua porção mais anterior (NISBET, 1960).

As reinserções foram feitas de seguinte forma:

1. a canaleta óssea no calcâneo foi feita com broca de 1,3mm de diâmetro em corte lateral no diâmetro transversal do osso; com a mesma broca, direcionada em sentido posterior, foram feitos dois furos pelos quais foram passados os fios não absorvíveis de poliéster multi-filamentar

trançado n° 4-0 destinado à sutura (sutura do tendão com ponto simples transósseo) (figura 3).

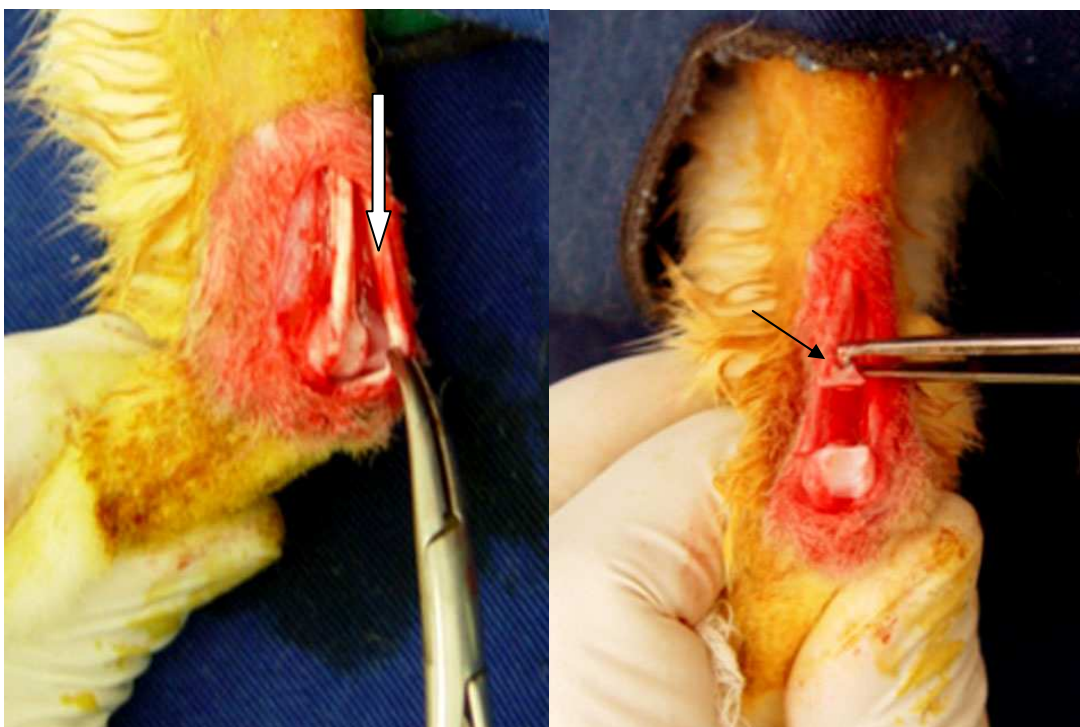


Figura 2 – Visão Posterior de tendão *plantaris* (seta larga) e tendão calcâneo seccionado (seta preta)

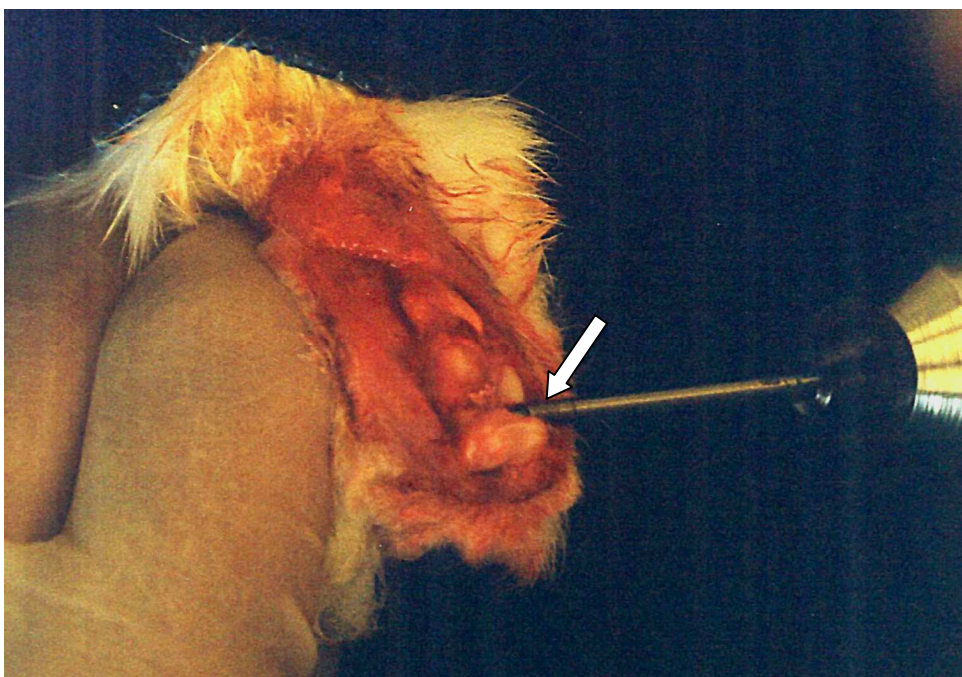


Figura 3 – Feitura da canaleta óssea no calcâneo (seta larga)

2. no outro lado foi feito um furo, utilizando a mesma broca de 1,3mm de diâmetro, em situação mais anterior, na cortical superior do calcâneo que foi previamente desperiostizado (colocada em posição semelhante ao local da canaleta óssea) (figura 4); a reinserção foi feita por meio de âncora de titânio de 1,3mm de diâmetro com seu fio não absorvível de poliéster multifilamentar trançado nº 4-0, colocada perpendicularmente ao osso, a procedendo à sutura com ponto simples.

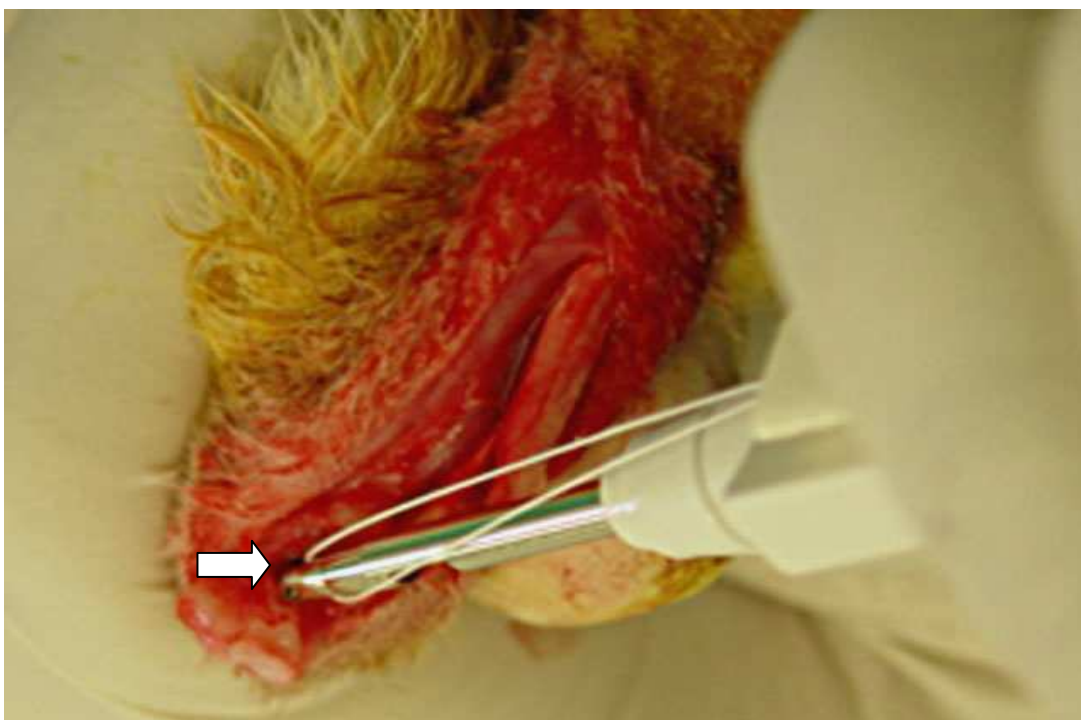


Figura 4 – Colocação da âncora no calcâneo (seta larga)

Em ambas reinserções o tendão *plantaris* foi colocado em sua posição original e seu retináculo suturado. O fechamento da pele foi com fio de mononylon 5-0, cobrindo-se a ferida operatória com curativo com gaze estéril. Os membros pélvicos foram imobilizados com órtese em material termoplástico moldada, fixado com esparadrapo, mantendo-se a articulação em extensão de 90° (figura 5).



Figura 5 – Imobilização de membro pélvico com órtese de material termoplástico com extensão da pata em 90°.

Na primeira semana foram realizados curativos em dias alternados e a revisão das imobilizações. Posteriormente, as órteses eram trocadas conforme a necessidade até completar a terceira semana quando então eram retiradas.

4.2.4 EUTANÁSIA

Os coelhos foram submetidos à eutanásia farmacológica nos períodos já descritos, por meio de aplicação da anestesia descrita anteriormente, associada à injeção intracardíaca de 5ml cloreto de potássio a 10%. O descarte dos animais foi realizado no incinerador do Laboratório Central do Estado da Bahia.

4.2.5 COLETA E PREPARAÇÃO

Após a eutanásia, foram identificados e isolados os respectivos tendões calcâneos dos quais se obteve peça composta de “músculo-tendão-osso” (figura 6). As peças assim obtidas foram embaladas em compressas umedecidas com solução salina de cloreto de sódio a 0,9% e armazenadas em temperatura de -20°C (VIIDIK, 1966; MICHELINI, 1984; PEREIRA 1998) para posterior encaminhamento ao Laboratório de Investigação Médica do Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Universidade de São Paulo (LIM-41 Laboratório de Biomecânica).



Figura 6 – Peça composta de “músculo-tendão-osso” (P - tendão plantaris, C- tendão calcâneo, O- osso calcâneo)

4.2.6 ESTUDO BIOMECÂNICO

Após o descongelamento das peças, no dia do ensaio biomecânico, os tendões eram medidos e submetidos ao ensaio de tração utilizando-se máquina universal de ensaios mecânicos marca KRATOS modelo 5002, com célula de carga de 100Kgf, ajustada na escala de 20 kgf e com velocidade de ensaio de 20 mm/min.

A porção óssea da peça foi conectada à parte fixa da máquina por meio de garra retangular com perfil trapezoidal, com quatro parafusos apertados com torquímetro digital, marca Metalac modelo MTE-100, até 3 Nm (figura 7). O segmento músculo-tendão foi fixado por meio de garra cônica, tipo reservatório e acoplado à parte móvel da máquina seguindo-se de pré-tensionamento de 5N (THERMANN, 2001). Adotou-se a angulação de 135° entre as duas garras. Posteriormente, foi colocado, no reservatório da garra, nitrogênio líquido para congelamento da parte muscular da peça e conseqüente prevenção da deformação do músculo e do escorregamento do mesmo através do orifício da garra (THERMANN et al., 2001 e LEWIS et al. 1999) (figura 8).

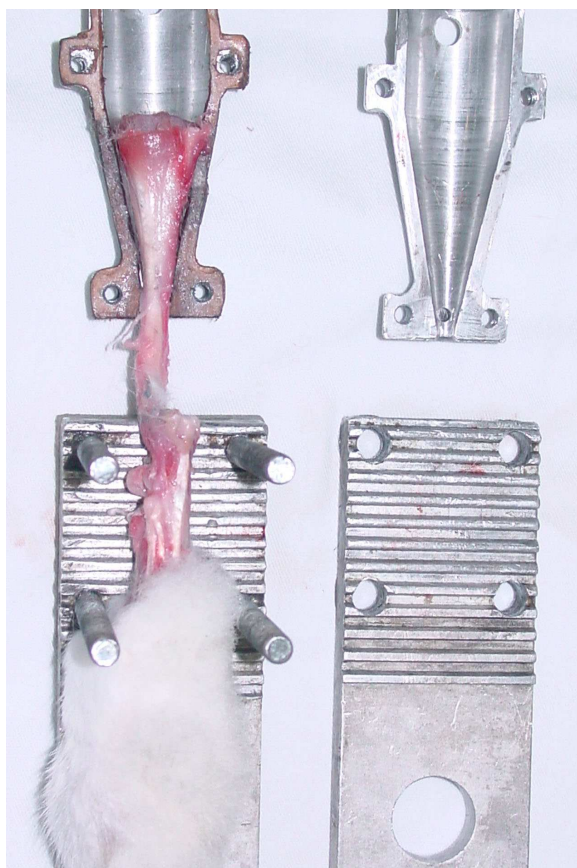


Figura 7 – Conjunto de garra superior cônica e garra inferior retangular e tendão calcâneo



Figura 8 – Posicionamento com angulação de 135° entre garra retangular inferior e a garra cônica superior com termômetro acoplado.

Para determinar a temperatura de não congelamento do tendão antes dos ensaios mecânicos, adaptou-se um sensor de temperatura termoresistível modelo PT-100 acoplado ao leitor da marca Robertshaw®, na região proximal do tendão. Adotamos a temperatura de 10° C como padrão para o início do ensaio. Os dados de força e deformação medidos pela máquina foram transferidos ao computador através de um sistema de aquisição de dados marca LINX®, modelo ADS2000.

4.2.7 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

4.2.7.1 PARÂMETROS PESQUISADOS

Os parâmetros analisados foram rigidez, força no limite de proporcionalidade e força máxima. Rigidez é definida como a razão das diferenças de força e deformação entre dois pontos na região linear do diagrama força *versus* deformação e é expressa em N/mm (figura 9).

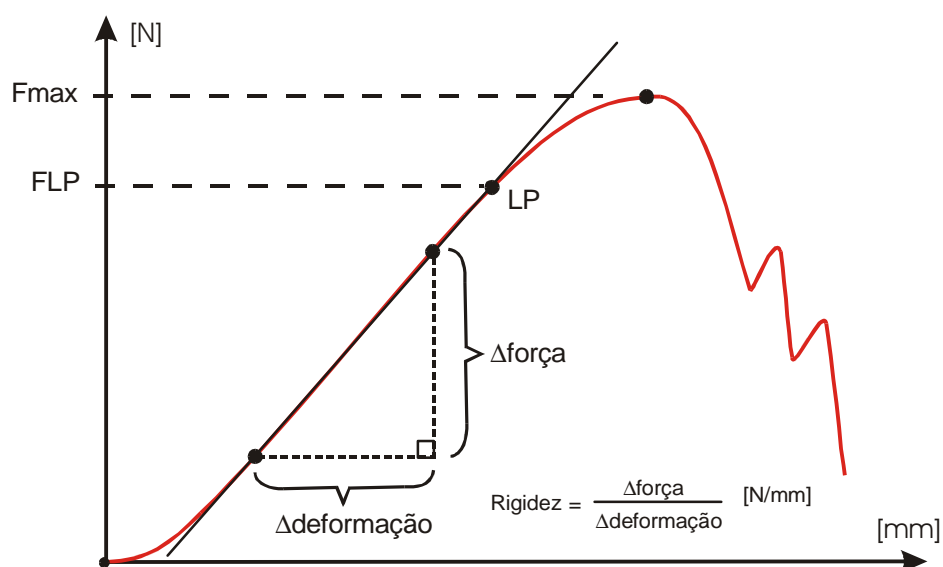


Figura 9 – Diagrama hipotético de um ensaio de tração. Evidenciando o limite de proporcionalidade (LP), a força no limite de proporcionalidade (FLP) e força máxima (Fmax) e rigidez.

A força no limite de proporcionalidade (FLP -figura 9) é definida como o limiar de força que não provoca deformação significativa permanente na estrutura (deformidade elástica) e está situada no final da região linear do gráfico. A força máxima é o valor máximo de resistência, medida em Newtons, correspondente ao pico do gráfico (início da deformidade plástica).

4.2.7.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se a estatística descritiva para apresentação dos valores ordinais. Esses dados foram apresentados em tabelas que mostraram, nos grupos, a média, desvio padrão, valor máximo, valor mínimo e mediana dos parâmetros biomecânicos avaliados: força máxima, força no limite de proporcionalidade e rigidez.

O teste estatístico de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparação de três variáveis não paramétricas e independentes. Com este teste foi realizada comparação entre os grupos âncora e canaleta óssea, com três, seis e doze semanas, em relação ao grupo controle. O teste "U" de Mann-Whitney foi utilizado para comparação entre duas variáveis não paramétricas e independentes. Este teste foi empregado na análise entre os grupos âncora e canaleta nos períodos de três, seis e doze semanas e também nas comparações de cada um desses grupos, para cada um dos períodos citados, com o grupo controle. O nível de significância adotado foi de 5 % ($\alpha=0,05$) e os valores considerados significantes foram marcados com asterisco (*).

Foi realizado um cálculo do percentual da força máxima alcançada nos grupos em relação ao grupo controle nas fases estudadas. Foi estabelecido como 100% a média da força máxima alcançada no grupo controle e realizado regra de três para encontrar os valores dos dois grupos nas fases de três, seis e 12 semanas.

5

RESULTADOS

5. RESULTADOS

Dois animais morreram, um do grupo de A e outro no grupo B, restando cinco coelhos em cada grupo.

Durante os testes observamos os locais de falhas nos quatro grupos conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Freqüência das rupturas provocadas (RP) segundo a localização na unidade músculo-tendão-osso durante os ensaios biomecânicos, para os grupos âncora e canaleta óssea, nos períodos considerados, e para o grupo controle.

	3 semanas		6 semanas		12 semanas		Controle
	âncora	canaleta	âncora	canaleta	âncora	canaleta	
Osso			2	2	2	1	4
Tendão-osso	5	5	2	2	2	2	
Tendão						1	
Musculo			1	1	2	2	4
Total	5	5	5	5	6	6	8

Os valores referentes à estatística descritiva da força máxima, rigidez e força no limite de proporcionalidade no grupo âncora, canaleta óssea e controle, estão relacionados respectivamente nas tabelas 2, 4, 6. e representados pelos gráficos 1 ,2 e 3.

A análise estatísticas da força máxima, rigidez e força no limite de proporcionalidade no grupo âncora, canaleta óssea e controle, estão relacionados respectivamente nas tabelas 3, 5 e 7.

Tabela 2 - Valores, em N, referentes à força máxima nos grupos âncora, canaleta óssea e no grupo controle.

	Força Máxima (N)						Controle
	3 sem		6 sem		12 sem		
	Âncora	Canaleta	Âncora	Canaleta	Âncora	Canaleta	
Média	68,00	51,31	91,87	117,2	139,2	118,69	177,83
Desvio-padrão	22,63	16,95	34,48	28,09	30,7	34,1	42,19
Erro padrão da Média	10,12	7,58	15,42	12,56	12,53	13,92	14,92
Valor Mínimo	46,47	35,61	67,52	96,25	109,9	96,73	106,32
Valor Máximo	97,31	78,28	150,94	159,2	195,34	187,26	227,90
Mediana	56,85	43,39	82,03	99,52	126,14	107,4	188,86

Tabela 3 - Significância dos testes Kruskal Wallis (KW) e “U” de Mann-Whitney (U) no parâmetro força máxima, em N, comparando grupo controle com os dois grupos experimento com três, seis e 12 semanas.

	Fmax (N)			Testes
	3 sem	6 sem	12 sem	
Controle X Âncora X Canaleta	0,001*	0,006*	0,034*	K.W.
Controle X Âncora	0,002*	0,008*	0,121	U
Controle X Canaleta	0,002*	0,019*	0,028*	U
Âncora X Canaleta	0,222	0,076	0,078	U

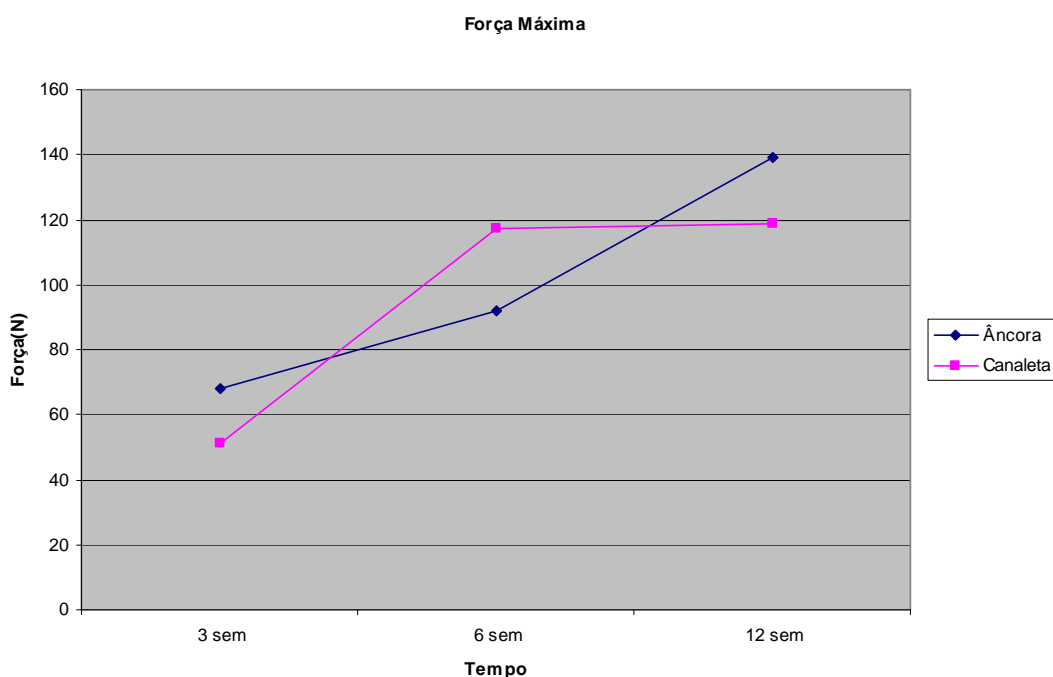


Gráfico 1 - Representação da média da força máxima nos grupos âncora e canaleta óssea nas diferentes fases de cicatrização

Tabela 4 - Valores, em N/mm, referentes à rigidez nos grupos âncora, canaleta óssea e no grupo controle

	Rigidez (N/mm)						
	3 sem		6 sem		12 sem		Controle
	Âncora	Canaleta	Âncora	Canaleta	Âncora	Canaleta	
Média	16,30	9,82	14,06	15,76	23,44	15,96	42,52
Desvio-padrão	3,06	3,69	3,94	2,04	12,73	4,89	12,97
Erro padrão da Média	1,37	1,65	1,76	0,91	5,20	2,00	4,58
Valor Mínimo	11,61	6,30	10,23	13,97	10,07	11,15	26,75
Valor Máximo	18,92	14,74	19,78	19,05	45,85	21,91	65,85
Mediana	17,02	9,06	12,71	15,46	23,22	13,92	41,82

Tabela 5 - Significância dos testes Kruskal Wallis (KW) e “U” de Mann-Whitney (U) no parâmetro rigidez, comparando grupo controle com os dois grupos experimento com três, seis e 12 semanas.

	Rigidez (N/mm)			Testes
	3 sem	6 sem	12 sem	
Controle X Âncora X Canaleta	0,001*	0,002*	0,002*	K.W.
Controle X Âncora	0,002*	0,003*	0,014*	U
Controle X Canaleta	0,002*	0,003*	0,002*	U
Âncora X Canaleta	0,032*	0,465	0,200	U

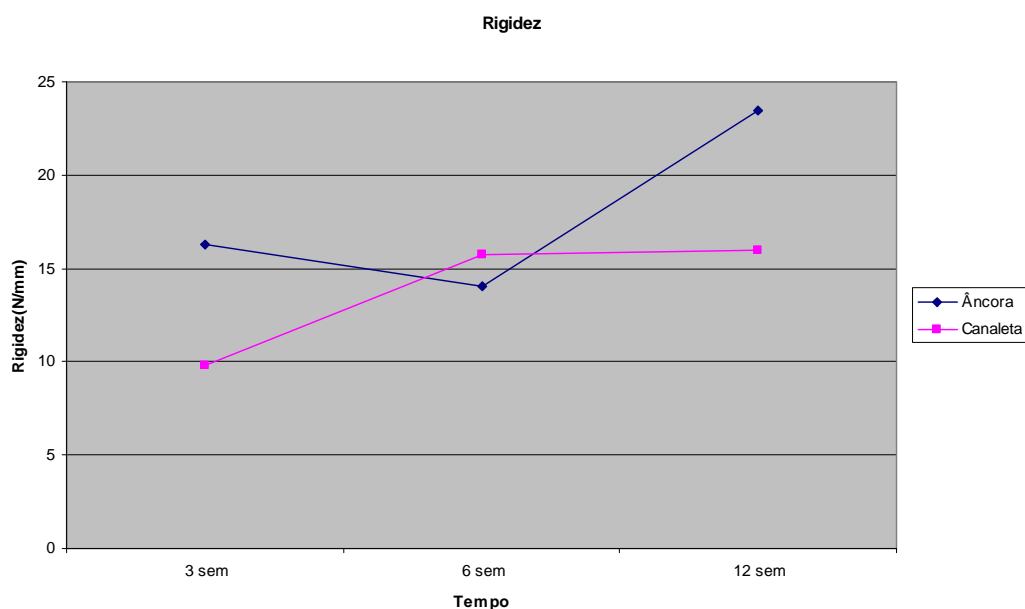


Gráfico 2 - Representação da média da rigidez nos grupos âncora e canaleta óssea nas diferentes fases de cicatrização

Tabela 6 - Valores, em N, referentes à força no limite de proporcionalidade nos grupos âncora, canaleta óssea e no grupo controle

	Força no limite de proporcionalidade (N)						
	3 sem		6 sem		12 sem		Controle
	Âncora	Canaleta	Âncora	Canaleta	Âncora	Canaleta	
Média	49,89	34,63	65,85	74,11	78,89	78,92	141,67
Desvio-padrão	15,74	12,90	24,11	24,12	14,91	41,05	31,87
Erro padrão da Média	7,04	5,77	10,78	10,79	6,09	16,76	11,27
Valor Mínimo	26,67	17,35	36,19	42,24	57,71	50,99	100,8
Valor Máximo	66,65	51,95	102,25	108,75	94,23	158,53	178,64
Mediana	50,03	37,63	66,08	73,38	70,98	56,95	137,44

Tabela 7 - Significância dos testes Kruskal Wallis (KW) e “U” de Mann-Whitney (U) no parâmetro força no limite de proporcionalidade, comparando grupo controle com os dois grupos experimento com três, seis e 12 semanas.

	Força no limite de proporcionalidade (N)			Testes
	3 sem	6 sem	12 sem	
Controle X Âncora X Canaleta	0,001*	0,003*	0,004*	K,W,
Controle X Âncora	0,002*	0,005*	0,002*	U
Controle X Canaleta	0,002*	0,005*	0,014*	U
Âncora X Canaleta	0,222	0,465	0,200	U

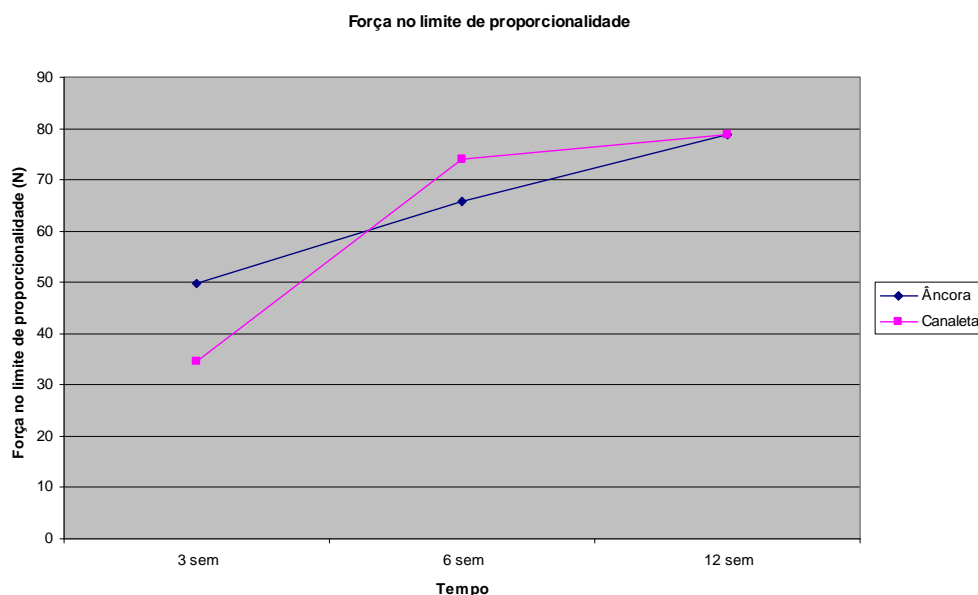


Gráfico 3 - Representação da média da força no limite de proporcionalidade nos grupos âncora e canaleta óssea nas diferentes fases de cicatrização.

Tabela 8 - Valor percentual da força máxima alcançada nos grupos âncora e canaleta óssea com três, seis e 12 semanas em relação ao grupo controle.

	% Força Máxima		
	3 sem	6 sem	12 sem
Âncora	38,24	51,66	78,28
Canaleta	28,85	65,09	66,74

6

DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

A busca da melhor técnica para a reparação das lesões tendíneas ainda é um desafio para os cirurgiões ortopedistas e pesquisadores. A reparação ideal seria aquela que proporcionasse grande resistência através de técnicas cirúrgicas menos invasivas respeitando os fatores biológicos locais. O surgimento de novos materiais como as âncoras, possibilitou o uso de técnicas menos agressivas para a reparação tendínea. Entretanto a real eficácia em relação a sua resistência ainda é questionada quando comparada às técnicas tradicionais.

Um dos primeiros autores que pesquisaram a resistência da reparação de tendões foi PAGET em 1853 (apud STEINER, 1982). Posteriormente, autores como KERNWEIN et al. (1938), MASON & ALLEN (1941), WHINSTON & WALMSLEY (1960); FORWARD et al. (1963), LEVINE et al. (1966) estudaram as características biomecânicas da cicatrização de tendões.

Durante muito tempo, defendeu-se a idéia de que a reinserção do tendão deveria ser o mais resistente possível através de técnicas de suturas múltiplas com a fixação do tendão em túneis ósseos (KERNWEIN, 1942; WHINSTON & WALMSLEY, 1960; FORWARD et al., 1963).

As técnicas de reinserção de tendão muito elaboradas reduzem a microcirculação, fazendo com que a cicatrização seja prejudicada (KETCHUM, 1977). Estudos biomecânicos e histológicos, sobre a

cicatrização de tendões, mostraram que a cicatrização ocorria principalmente no osso cortical e que o tendão se fixava ao osso através das fibras de Sharpey (KERNWEIN et al., 1938; FORWARD et al., 1963; RODEO et al., 1993; GRANA et al., 1994). St PIERRE et al. em 1995 e SHAIEB et al. em 2000, realizaram trabalhos comparativos com o objetivo de elucidar a dúvida de qual técnica de reinserção ao osso era mais segura.

Com as finalidades de facilitar e diminuir o tempo cirúrgico de uma reparação tendínea como também de ligamentos ao osso cortical, foram desenvolvidos sistemas de fixação que denominamos de âncoras. Segundo HECKER (1993), BAGLEY (1990) e RICHMOND (1991) foram os primeiros que utilizaram esta técnica cirúrgica. Este autor mencionou as facilidades deste método e também verificou, em estudo biomecânico, não haver diferença da sua resistência em relação à técnica de reparação transóssea com uso de canaleta em lesões tendinosas do ombro.

O ombro é sede freqüente de lesões do manguito rotador, sendo que o tendão mais acometido é o supra-espinal. Essa lesão foi descrita primeiramente por CODMAN em 1911. Durante muito tempo foi tratada por reparação transossea em canaletas. Apesar de alguns trabalhos afirmarem que a técnica em canaleta óssea seja o melhor método de reparo desta lesão, o tema permanece controverso, principalmente após o surgimento das âncoras no tratamento das lesões do manguito rotador (CRAFT et al. 1996).

Na literatura existem vários trabalhos (KERNWEIN et al., 1938; FORWARD et al., 1963; RODEO et al., 1993; St PIERRE et al., 1995;

SHAIEB et al., 2000; NYSTROM & HOLMLUND, 1983; THERMANN et al., 2001; MICHELINI, 1984; FORWARD et al., 1963; PEREIRA, 1998) dedicados ao estudo de reparações tendinosas, porém existem poucos que de forma comparativa, analisam a reinserção de tendão pela técnica em canaleta óssea em relação à técnica pela âncora nas diferentes fases de cicatrização (HECKER et al., 1993; St PIERRE et al., 1995; LEWIS et al., 1999; SHAIEB et al., 2000). A intenção do nosso trabalho foi avaliar duas técnicas diferentes de reinserção de tendão estabelecendo períodos já descritos na literatura.

A escolha das técnicas do reparo do tendão foi baseada nos trabalhos que defenderam a canaleta óssea como técnica mais resistente, considerando-a a melhor no reparo de tendão, como explica CADWELL et al. (1997) e DEMRHAN et al (2003). Por outro lado, vários autores (HECKER et al., 1993; BURKHART et al., 1997; REED et al., 1996) mostram superioridade da técnica da âncora.

O tamanho da amostra é sempre uma preocupação nos trabalhos científicos. Adotamos a regra de GOMES (1963), que estabelece oito graus de liberdade, para cada unidade experimental, mais um, num total de nove elementos por unidade experimental. Cada animal representa duas unidades experimentais (em cada pata foi realizada uma técnica diferente), totalizando, assim, 10 unidades no grupo A, 10 unidades no grupo B e 12 unidades no grupo C. Este número foi usado no estudo como suficiente.

Escolhemos o coelho da raça *Oryctolagus cuniculus* por ser de fácil obtenção, por apresentar porte adequado para sua manutenção no biotério e por estarmos familiarizados com o seu uso conforme a experiência adquirida no Núcleo de Cirurgia Experimental da Escola Baiana de Medicina e Saúde Pública (Matos, 2000). Na literatura existem vários trabalhos que também utilizaram o coelho como os de SHAIEB et al., 2000; NYSTROM & HOLMLUND, 1983; THERMANN et al., 2001; MICHELINI, 1984; FORWARD et al., 1963 e PEREIRA, 1998.

Durante o procedimento cirúrgico, optou-se por preservar o tendão plantaris (SHAIEB et al., 2000), que se localiza posteriormente ao osso calcâneo (NISBET, 1960), com objetivo de proteger a reinserção. Também, com a intenção de diminuir a tensão sobre a sutura, a confecção da canaleta óssea e a colocação da âncora foram realizadas mais anteriormente no calcâneo. Com relação a este último procedimento, não encontramos citação semelhante na literatura.

Durante a execução das cirurgias foi observada uma facilidade maior de execução no reparo realizado por âncora do que naqueles em que foi confeccionada uma canaleta óssea. Outro aspecto importante é que o tempo de execução da técnica da âncora é inferior ao da canaleta óssea. Essa conclusão também foi colocada por REED et al. (1996).

É tema controverso na literatura a necessidade do uso de imobilização e se ela prejudica ou não a reparação do tendão. Adotamos três semanas como período ideal de imobilização no PO conforme MASON

& ALLEN (1941), que consideravam ideal a imobilização por esse tempo, seguida de mobilização ativa para que se promova maior resistência no local da reinserção. Apesar de alguns autores defenderem um tempo de imobilização maior (Rodeo et al., 1993), verificou-se que o seu uso por tempo prolongado e, por conseguinte, a ausência de movimento, enfraquece a reparação tendínea (YASUDA et al., 2000; KERNWEIN, 1942).

No seu trabalho, STHENO-BITTEL et al. (1998) demonstram discreto aumento da resistência nos tendões que tiveram mobilização ativa sem aumento de risco de re-ruptura. Diversos autores também advogam imobilização por três semanas, tais como FORWARD et al. (1963), KETCHUM (1977), SHAIIB et al. (2000) e THERMANN et al. (2001).

Tivemos a morte de dois animais (11%). FORWARD et al. (1963) tiveram mortalidade operatória de 5,4%. PEREIRA (1998) e GRANA et al. (1994), em trabalho com coelhos, apresentaram respectivamente perda de 22% e 16% dos animais. LEVINE et al. (1966) afirmam que, nos animais que tiveram o membro pélvico imobilizado, houve um percentual elevado de morte. Esse fato pode ser explicado pela dificuldade de movimentação para alimentação e pela ocorrência de infecção.

Optamos pelo congelamento das peças anatômicas (músculo sóleo e o tendão calcâneo, junto com o osso calcâneo) após a eutanásia. Este procedimento foi adotado devido ao fato da eutanásia ter sido realizada em fases diferentes e da opção de se realizar todos os testes biomecânicos em um mesmo período. No dia do ensaio biomecânico, foram descongeladas

com solução fisiológica a 37° (FORWARD et al., 1963 ; SHAIEB et al., 2000; LEWIS et al., 1999). MICHELINI (1984), em seu trabalho, relata que o congelamento das peças a -20°, e posteriormente seu descongelamento em temperatura de 37° não altera as propriedades mecânicas de ossos e tendões. VIIDIK & LEWIN (1966) testaram várias técnicas de conservação, dentre elas a do congelamento optada por nós, e não encontraram variação na forma da curva carga/deformação em comparação com grupo controle (não congelada), nos respaldando para utilização da mesma técnica sem prejuízo das características biomecânicas.

Como o tempo mínimo de imobilização escolhido foi de três semanas, iniciamos os testes biomecânicos logo após a retirada da imobilização e os outros dois grupos com seis e 12 semanas, baseados no trabalho de St. PIERRE et al. (1995). Não há, na literatura, uma definição de qual deve ser o tempo máximo para se realizarem os ensaios biomecânicos, existindo trabalhos de até um ano PO. O que se sabe é que, após 12 semanas, o aumento da resistência dos reparos é pequeno, como demonstrado por RODEO (1993), que não encontrou diferença estatisticamente significativa na resistência do reparo entre os animais acompanhados por 12 semanas e naqueles que foram testados com 26 semanas, nos autorizando a ter esse tempo como um bom parâmetro para realização dos trabalhos.

Um problema enfrentado nos ensaios piloto foi o escorregamento da parte músculo-tendínea da garra convencional durante o ensaio biomecânico. Na literatura existem muitos trabalhos nos quais foram

realizados ensaios biomecânicos (MASON & ALLEN, 1941; KERNWEIN, 1942; FORWARD et al., 1963; LEVINE et al., 1966; SHAIEB et al., 2000) tracionando uma peça músculo-tendinea por garra, que apresentaram ocorrência de fato semelhante. WELSH (1971) e STEINER (1982) concluíram que a utilização de garra comum na porção músculo-tendinosa possibilita freqüentemente escorregamento. A solução encontrada foi a confecção de garra de forma cônica, na qual a porção muscular ficava na parte maior da garra e a parte tendinosa passava pela parte estreita da armação. Associado a isso foi colocado nitrogênio líquido com o objetivo e congelar a porção muscular, impedindo o escorregamento pelo orifício menor da garra. THERMANN et al. (2001) e LEWIS et al. (1999) utilizaram garras em que a porção muscular foi congelada com nitrogênio líquido, evitando assim o escorregamento. Esse mecanismo eliminou um a possível causa de erro.

A padronização do ângulo entre as duas garras é importante, pois sua variação vai diminuir ou aumentar a resistência. No ensaio piloto, foi realizada a tração com o calcâneo e o tendão formando ângulo de 90° e foi observada fratura dos ossos calcâneos com baixa energia. Neste ângulo, a força vai agir fletindo o osso calcâneo. O dispositivo superior foi preso à célula de carga e foi usado um dispositivo mecânico para fixar as porções ósseas, presas à máquina por torno de bancada ajustável colocado a 45°. Com isso, o eixo formado entre o tendão e o osso calcâneo foi de 135° (figura 7) por ser esse um ângulo mais próximo do fisiológico.

Na análise dos locais em que houve ruptura provocada do conjunto músculo-tendão-osso observa-se uma tendência a ocorrer mais rupturas na junção tendão-osso principalmente no período de três semanas, com nenhuma ocorrência de falha no osso, músculo ou no tendão. À medida que o tempo passa os sítios de ruptura se modificam acontecendo também no osso e no músculo por volta da décima segunda semana, porém nota-se que no grupo controle não há ocorrência de falha na junção tendão-osso demonstrado ser essa ligação bastante resistente.

Observamos que houve diferença estatisticamente significativa quando comparamos os coelhos submetidos a reinserção por âncora e canaleta óssea em relação ao grupo controle, com três, seis e com 12 semanas. Como se devia esperar, o grupo controle tem força máxima, rigidez e força no limite de proporcionalidade maior do que aqueles submetidos à cirurgia.

Quando realizamos a comparação da força máxima, através do teste "U" de Mann-Whitney (Tabela 3), do tendão do grupo controle com os tendões reparados com a técnica da âncora, encontramos valores que demonstram um aumento progressivo deste parâmetro com o passar do tempo e que na décima segunda semana não existe diferença estatisticamente significativa entre os tendões do grupo controle e aqueles operados pela técnica da âncora. Esses achados não se repetem quando comparamos o grupo controle com os tendões operados pela técnica da canaleta óssea, demonstrando ser esse grupo estatisticamente mais fraco

que o tendão do grupo controle, analisando a força máxima. BURKHART et al. (1997) e REED et al. (1996) realizaram trabalho comparativo e encontraram superioridade estatística da técnica da âncora sobre a técnica do túnel ósseo. Esses dados apontam no mesmo sentido do nosso trabalho, no qual foram demonstradas vantagens na utilização de âncoras no reparo de tendão. Possivelmente, a âncora se mostrou superior devido ao fato da cicatrização do tendão ocorrer primordialmente em osso cortical ao invés de osso esponjoso.

Em termos percentuais, a força máxima na técnica da reinserção por âncora, alcançou 38,24% na terceira semana, 51,66% na sexta semana e 78,28% na décima segunda semana. STEINER (1982) encontrou que a força no grupo operado na quarta semana foi 25% da força do tendão normal. (Tabela 8).

Outro parâmetro avaliado foi a rigidez (Tabela 6), que no grupo com três semanas, mostrou diferença estatisticamente significativa para as patas operadas pela técnica da âncora em relação à da canaleta ($p= 0,032$). Apesar dessa superioridade, ambos os grupos se mostram inferiores quando comparados com o grupo controle (Tabela 4 e 5). Uma possível explicação para este resultado talvez seja que na técnica da canaleta o ponto transosseo deixe um maior comprimento do fio de sutura, possibilitando uma folga da junção tendão-osso, ao passo que na técnica da âncora, o fio de sutura sai da superfície do osso cortical direto para o tendão, proporcionando maior rigidez. A força no limite de proporcionalidade (Tabela

6 e 7) não apresentou diferença entre as técnicas realizadas na terceira, sexta e na décima segunda semana que se mostraram significativamente menos elásticos que o tendão normal.

St. PIERRE et al. em 1995, avaliaram a cicatrização de tendão em ovelhas do ponto de vista histológico e biomecânico. Compararam a reinserção feita por túnel ósseo com a técnica em que se realizou reparo no osso cortical. Neste trabalho os autores não encontraram diferença significativa no processo de cicatrização, entre as duas técnicas na sexta e décima segunda semanas do período pos-operatório. LEWIS et al. (1999), em trabalho semelhante, porém com a utilização de âncora absorvível no lugar do reparo em osso cortical, observaram que somente na semana zero houve uma superioridade da técnica do túnel ósseo sobre a âncora. Em todos os outros períodos avaliados, não houve diferença significativa tanto da força máxima para ruptura quanto da rigidez. Esse trabalho conseguiu avaliar os reparos do ponto de vista biomecânico e histológico. Inicialmente, nosso trabalho foi idealizado para se realizar um estudo biomecânico e histológico do reparo tendinoso, porém encontrou-se a dificuldade de confecção das lâminas do grupo operado pela técnica da âncora, pois as âncoras utilizadas eram de titânio, o que impossibilitava a realização dos cortes. Outra diferença é que esse autor realizou trabalho em ovelhas e também não foi utilizada imobilização no período PO.

SHAIEB et al. (2000) mostraram, em coelhos, que não houve diferença significativa entre as técnicas do túnel ósseo e do osso cortical em

nenhum dos períodos de tempo avaliados do ponto de vista biomecânico e histológico. O autor explica que, nas duas técnicas, a cicatrização ocorre através das fibras de Sharpey que se aderem ao córtex superficial, com reabsorção do tendão no interior do canaleta óssea. Esse conceito é de grande importância, pois questiona a validade dos reparos tendinosos realizados em canaletas ósseas, nos quais o tendão é colocado junto ao osso esponjoso. Baseados nos nossos achados e em conformidade com este autor, acreditamos que a simplicidade do reparo no osso cortical por meio de âncoras deve ser a preferência na prática clínica.

Os trabalhos experimentais não podem ter conclusões diretas sobre as decisões na escolha das técnicas aplicadas a humanos. Apesar disso, fica evidente, em nosso trabalho, que o reparo do tendão não apresenta vantagens quando realizado por canaleta óssea, e demonstra que a técnica da âncora possibilita resultado superior, com a vantagem da possibilidade da utilização na artroscopia.

Os ensaios biomecânicos podem ser quase estáticos e dinâmicos. Apesar de BURKHART et al. (1997) mostrarem que os testes biomecânicos idealmente devem ser feitos com ensaios dinâmicos com carga cíclica, tentando simular as cargas fisiológicas, a maior parte dos trabalhos biomecânicos (KERNWEIN et al., 1938; MASON & ALLEN, 1941; FORWARD et al., 1963; LEVINE et al., 1966; STEINER, 1982; HECKER et al., 1993; ST PIERRE et al., 1995; LEWIS et al., 1999; SHAIEB et al., 2000;

THERMANN et al., 2001) realiza seus ensaios quase estáticos (cargas lentas e progressivas) de forma contínua como optado por nós.

A realização de ensaios biomecânicos é instrumento importante na pesquisa da qualidade dos reparos tendinosos. Apesar de sua aplicação não ter uma reprodução exata no ser humano, eles servem como parâmetro para os ensaios clínicos. A grande questão do reparo de tendão é se conseguir uma técnica de sutura o mais resistente possível sem prejuízo da biologia. Existem aspectos que interferem no resultado final da cicatrização e que devem ser estudados com maior detalhe, como a consequência das várias técnicas de reparo de tendão na microcirculação e a utilização de periósteo e de proteínas morfogenéticas do osso na tentativa de acelerar a cicatrização.

7. CONCLUSÕES

Concluimos no nosso trabalho que:

1. A resistência mecânica, em relação à força máxima, rigidez e força no limite de proporcionalidade, das reinserções tendinosas, pelas técnicas de canaleta óssea e âncora são semelhantes entre si.

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahmad CS, Stewart AM, Izquierdo R, Bigliani LU. Tendon-bone interface motion in transosseous suture and suture anchor rotator cuff repair techniques **Am. J. Sports Med.** 2005; v. 33, p. 1667-71.
2. Burkhart SS, Pagán JLD, Wirth MA, Athanasiou KA. Cyclic loading of anchor-based rotator cuff Repairs: confirmation of the tension over load Phenomenon and comparison of suture anchor fixation with transosseous fixation. **Arthroscopy.** 1997; v. 13, p. 720-24.
3. Cadwell Jr GL, Warner JJP, Miller MD, Boardman D, Towers J, Debski R. Strength of Fixation with Transosseous Sutures in Rotator Cuff Repair. **J Bone Joint Surg. [Am].** 1997; v. 79, p. 1064-68.
4. Codman EA. Rupture of the supraspinatus tendon. 1911. **Clin Orthop Relat Res.** 1990 v. 254, p.3-26.
5. Craft DV, Moseley JB, Cawley PW. Noble PC. Fixation strength of rotator cuff repairs with suture anchors and the Transosseous technique. **J. Shoulder Elbow Surg.** 1996; v. 5, p. 32-40.
6. Crenshaw AH. Shoulder and elbow injuries. In **Campbell's Operative Orthopaedics.** Ed. 8, p. 1745. St Louis, Mosby-year Book, June 1963.
7. Demirhan M, Atalar AC, Kilicoglu O. Primary Fixation Strength of Rotator Cuff Repair Techniques: A Comparative Study. **Arthroscopy.** 2003; v. 19, p. 572-76.
8. Elmas M, Yazar E, Bas AL, Tras B, Bayezit M, Yapar K. Comparative pharmacokinetics of enrofloxacin and tissue concentrations of parent drug and ciprofloxacin after intramuscular administrations of free and liposome-encapsulated enrofloxacin in rabbits. **J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health.** 2002; v. 49, p. 507-12.

9. Forward A, Cowan RJ. Tendon Suture to Bone. An Experimental Investigation in Rabbits. **J. Bone Joint Surg. [Am]**. 1963; v. 45, p. 807-23.
10. Gomes PF. **Curso de estatística experimental**. 2.ed. Universidade de São Paulo. São Paulo,P.53-60,1963.
11. Grana WA, Egle DM, Mahnken R, Goodhart CW. An Analysis of Autograft Fixation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in a Rabbit Model. **Am. J. Sports Med**. 1994; v. 22, p. 344-351.
12. Guerber C, Schneeberguer AG, Beck M, SchlegelU. Mechanical strength of repairs of the rotator cuff. **J. Bone Joint Surg. [Br]**. 1994; v. 76, p. 371-80.
13. Harkness JE, Wagner J. E. **Biologia e clínica de coelhos e roedores**. Ed. Roca, 3° ed., São Paulo-SP, 1993.
14. Hecker AT, Shea M, Hayhurst JO, Myers ER, Meeks LW, Hayes WC. Pull-out strength of suture anchors for rotator cuff and Bankart lesion repairs. **Am. J. Sports Med**. 1993; v. 21, p. 874-79.
15. Ketchum LD. Primary tendon healing: A review. **J. Hand Surg**. 1977; v. 2, p. 428-35.
16. Kernwein G, Fahey J, Garrison M. The Fate of tendon, fascia and elastic connective tissue transplanted into bone. **Ann. Surg**. 1938; v.108: 285-290..
17. Kernwein G. A Study of Tendon Implantation into Bone. **Surg. Gynecology and Obstetrics**. 1942; v. 75, p. 794-96.
18. Levine J, Spinner M, Kenin A. A comparative Study of Tendon-to-tendon and Tendon-to- bone Suture-line Strength. **CiIn. Orthop**. 1966; v. 48, p. 223-26.

19. Lewis CW, Schlegel TF, Hawkins RJ, James SP, Turner AS. Comparison of tunnel suture and suture anchor methods as a function of time in a sheep model. **I.S.A.** 1999; p. 403-08.
20. Mclaughlin HL, Asherman EG. Lesions of musculotendinous cuff of the shoulder. IV. Some observations based upon the results of surgical repair. **J Bone Joint Surg. [Am]**. 1951; v. 33, p. 76-86.
21. Mason ML, Allen HS. The Rate of Healing of Tendons. An experiment study of tensile strength. **Ann. Surg.** 1941; v. 113, p. 424-59.
22. Matos MAA. **Estudo experimental dos efeitos da ifosfamida na reparação óssea.** São Paulo, 2000. 61p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
23. Michelini W. **Comparação das propriedades biomecânicas do ligamento cruzado anterior e da porção centra do tendão patelar em cães. Efeitos do congelamento.** Ribeirão Preto, 1984. 80p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
24. Nisbet NW. Anatomy of the calcaneal tendon of the Rabbit. **J Bone Joint Surg. [Br]**. 1960; v. 42, p. 360-66.
25. Nystrom B, Holmlund D. Experimental evaluation of immobilization in operative and non operative treatment of Achilles tendon Rupture. **Acta Chir Scand**, 1983; v. 149, p. 669-73.
26. Pereira PP. **Estudo Biomecânico da Integração Intra-articular do Tendão do Músculo Semitendíneo na Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior em Coelhos.** São Paulo, 1998. 64p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
27. Poppen, N. K. Soft-tissue lesions of the shoulder. In **Operative Orthopaedics**, p. 745-6. Edited by M. W. Chapman. Philadelphia, J. B. Lippincott, 1988.

28. Reed SC, Glossop N, Oglive-Harris DJ. Full-Thickness Rotator Cuff Tears. A Biomechanical Comparison of Suture versus Bone Anchor Technique. **Am. J. Sports Med.** 1996; v. 24, p. 46-48.
29. Rodeo SA, Arnoczky SP, Torzilli PA, Hidaka C, Warren RF. Tendon-Healing in a Bone Tunnel. A Biomechanical and Histological Study in the Dog. **J Bone Joint Surg. [Am]**, 1993; v. 75, p. 1795-803.
30. Rossouw DJ, Mcelroy BJ, Amis AA, Emery RJH. Biomechanical evaluation of suture anchors in repair of the rotator cuff. **J Bone Joint Surg. [Br]**, 1997; v. 79, p. 458-61.
31. Shaieb MD, Singer DI, Grimes J, Namiki H. Evaluation of tendon-to-bone reattachment: a rabbit model. **Am. J. Orth.** 2000; p. 537-42.
32. St Pierre P, Olson EJ, Elliot JJ, O`Hair KC, Mckinney LA, Ryan J. Tendon Healing to cortical bone compared with healing to a cancellous trough. **J Bone Joint Surg. [Am]**, 1995; v. 77, 1858-66.
33. Stheno-Bittel L, Reddy GK, Gum S, Enwemeka CS. Biochemistry and biomechanics of healing tendon: Part I. effects of rigid plaster casts and functional casts. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** 1998; v. 30, p. 788-93.
34. Steiner H. Biomechanics of Tendon Healing. **J. Biomechanics.** 1982; v. 15, p. 951-58.
35. Thermann H, Frerichs O, Biewener A, Krettek C. Healing of Achilles Tendon: An Experimental Study. **Foot & Ankle International.** 2001; v. 22, p. 478-83.
36. Viidik A, Lewin T. Change in Tensile strength characteristics and histology induced by different modes of postmortal storage. **Acta Orthop. Sacnd.** 1966; v. 37, p. 141-55.

37. Welsh RP, Macnab I, Riley V. Biomechanical Studies of Rabbit Tendon. **Clin. Orthop.** 1971; v. 81, 171-77.
38. Whinston TB, Walmsley R. Some observations on the reaction of bone and tendon after tunneling of bone and insertion of tendon. **J. Bone Joint Surg.[Br]**. 1960; v. 42, p. 377-86.
39. Yasuda T, Kinoshita M, Abe M, Shibayama Y. Unfavorable effect of knee immobilization on Achilles tendon healing in rabbits. **Acta Orthop. Scand.** 2000; v. 71, p. 69-73.