

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE GRÁFICOS.....	
1. REVISÃO DE LITERATURA	
1.1. Aspectos Estruturais e Anatômicos dos Tendões Flexores.....	04
1.1.1. Nutrição Tendínea.....	08
1.1.2. Cicatrização dos Tendões Flexores.....	10
1.1.3. Aspectos Funcionais da Mão	10
1.2. Técnicas de Sutura em Lesões de Tendões Flexores	11
1.3. Propriedades Elásticas dos Tendões Flexores.....	13
2. MATERIAL E MÉTODO	
2.1. Instrumentação.....	15
2.2. Procedimentos de Coleta de Dados.....	16
2.2.1. Preparação do Ensaio.....	17
2.3. Tratamento de Dados.....	27
2.4. Definição de Termos.....	02
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4. CONCLUSÃO.....	40
5. REFERÊNCIAS	41
6. ANEXO 1.....	47
7. ANEXO 2.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposição dos tendões flexores no punho (Sobania e Santos, 2000).

Figura 2. As três polias da bainha do flexor longo do polegar (Doyle, 1977).

Figura 3. Configuração da anatomia normal das bainhas sinoviais.

Figura 4. Túnel osteofibroso de cada dedo, mostrando as polias anulares (A1-A5) e polias cruciformes (C1-C3), bem como a nutrição arterial.

Figura 5. Divisão da mão em zonas de acordo com a Federação Internacional da Cirurgia de Mão.

Figura 6. Representação das vínculas de cada dedo. AIFD (articulação interfalangeana distal), AIFP (articulação interfalangeana proximal), AMF (articulação metacarpofalangeana), VCP (víncula curta do profundo), VLP (víncula longa do profundo), VCS (víncula curta do superficial), VLS (víncula longa do superficial), FPD (flexor profundo do dedo), FSD (flexor superficial do dedo), segundo Ochiai (1979).

Figura 7. Traçado das incisões nos dedos e palma da mão, respeitando as linhas de força a fim de evitar retrações de pele.

Figura 8. Sutura clássica de Bunnell (1940).

Figura 9. Arranjo das microfibrilas colágenas para formar fibrilas; estas, por sua vez, reúnem-se para formar as fibras colágenas e finalmente feixes de fibras colágenas.

Figura 10. Exposição histológica do tendão.

Figura 11. Máquina de ensaio EMIC – DL/2000.

Figura 12. Técnica de Kessler, sutura contínua no epitendão.

Figura 13. Técnica de Kessler, sutura de Halsted no epitendão.

Figura 14. Técnica de Tsuge.

Figura 15. Técnica de Kleinert modificado de Bunnell.

Figura 16. Técnica de Cruciate.

Figura 17. Técnica de Kessler duplo.

Figura 18. Técnica de Indiana.

Figura 19. Técnica de Brasil-1.

Figura 20. Técnica de Brasil-2.

Figura 21 Técnica de Savage.

Figura 22 Técnica de Tsai.

Figura 23 Técnica de Yoshizu.

Figura 24. Técnica de Pittsburgh.

Figura 25. Deformações (distâncias) em milímetros entre os cotos tendíneos.

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Ensaio de tração: representação gráfica, exemplo: Técnica de Brasil-1.
- Gráfico 2. Representação das médias de resistência F_1 em cada tipo de sutura ($p < 0.05$).
- Gráfico 3. Representação das médias de resistência F_2 em cada tipo de sutura ($p < 0.05$).
- Gráfico 4. Representação das médias de resistência F_3 em cada tipo de sutura ($p < 0.05$).
- Gráfico 5. Representação das deformidades (distâncias) em relação as médias de resistência F_3 (ruptura da sutura).
- Gráfico 6. Representação das deformidades (distâncias) em relação a cada tipo de sutura ($p > 0.05$).
- Gráfico 7. Representação das diferentes médias de resistência em cada tipo de sutura ($p < 0,05$).

Lesões em tendões flexores são comuns. Desabilidade prolongada seguida de uma lesão pode causar sofrimento físico e emocional, bem como um transtorno socioeconômico para o paciente. Essas lesões apresentam dificuldades mesmo para experientes cirurgiões de mão, que, infelizmente, nem sempre estão envolvidos no primeiro atendimento. Reparar, cirurgicamente, tendões flexores requer um conhecimento exato de uma pertinente anatomia, da mecânica do movimento, perfeito julgamento clínico, uma técnica cirúrgica atraumática e um programa pós-cirúrgico planejado.

De acordo com Peacock (1965), toda reparação resulta num ferimento, numa cicatriz, razão pela qual sempre existirão aderências ou seqüelas. Quanto menor for a agressão, melhor será o resultado, especialmente quando a sutura do tendão for realizada em contato com tecidos que também possam deslizar.

Baseada na existência de várias técnicas de sutura em tendões flexores, torna-se difícil diferenciar uma sutura que apresente maior resistência e que permita uma mobilidade precoce passiva, ou passiva e ativa, sem que haja uma ruptura do reparo cirúrgico entre os cotos tendíneos. Há, por isso, uma necessidade de se comparar e analisar, do ponto de vista biomecânico, essas diferentes técnicas. Dentre as dificuldades para a análise dessas diferentes técnicas de sutura estão a diversidade de protocolos utilizados para testar a resistência das mesmas. Da mesma forma, há variedade de espécies animais (cães, coelhos, porcos...) como modelos e materiais de sutura aplicada (náilon, mersilene, ethibond, dacron e aço), citados nos trabalhos de Defino et al. (1985), Kusano et al. (1999), Aoki et al. (1997), Mc Larney et al. (1999), Zatiti et al. (1998), Winters et al. (1998), Thurman et al. (1998), Shaieb e Singer (1997) e Gill et al. (1999). Isso porque cada autor, em seu trabalho, realizou a pesquisa com diferente espécie animal, material e instrumental.

Os resultados na cirurgia de tendões flexores da mão têm melhorado com o uso de protocolos que preconizam mobilização passiva imediata no pós-operatório, de acordo com Brunelli et al. (1983), Duran et al. (1975), Gelberman et al. (1981), Hagberg e Selvik (1991), Kessler et al. (1969), Takai et al. (1991), Wade et al. (1989) e Kleinert et al. (1967) e Fernandes et al. (1996). Muitos autores, como Strickland (1989), Lim et al. (1996), Yii et al. (1998), Sirotakova e Elliot (1999), Riaz et al. (1999), Peck et al. (1998), Kitsis et al. (1998), Halikis et al. (1997) e Harris et al. (1999), têm notado que o movimento de tendões flexores superficiais e profundos são limitados durante a mobilização passiva; portanto,

para estes autores, exercícios ativos e passivos usados precocemente vêm sendo essenciais para a obtenção de melhores resultados. Para tal, a sutura em tendões rompidos deve ser atraumática, resistente, deslizante, não estrangulante, de menor tempo cirúrgico para a realização e de fácil aplicabilidade técnica, permitindo, por conseguinte, mobilidade ativa e passiva precoce, evitando aderências e facilitando a cicatrização.

Este trabalho tem como objetivo analisar biomecanicamente onze diferentes técnicas de sutura mais utilizadas no mundo, associadas a duas novas desenvolvidas pelo autor, aplicadas em uma mesma espécie (cadáveres frescos), utilizando um mesmo material de reparo (náilon 4.0 e 5.0), totalizando treze técnicas. A finalidade é permitir uma mobilidade precoce passiva e ativa da mão no pós-operatório imediato em tendões flexores que sofreram lesão, respeitando, contudo, a macro e microanatomia dos tendões.

1. REVISÃO DA LITERATURA

Para melhor compreensão didática dos tendões flexores humanos, esta revisão será dividida em: aspectos estruturais e anatômicos, nutrição tendínea, cicatrização, aspectos funcionais da mão, técnicas de sutura em lesões de tendões flexores e propriedades elástica dos tendões flexores.

1.1 Aspectos estruturais e anatômicos dos tendões flexores

Os tendões flexores têm como origem no terço distal do antebraço na junção musculotendínea. Ao nível do punho e do terço distal do antebraço, no primeiro plano, passam o tendão flexor superficial do dedo médio e o do anular; no mesmo nível, o nervo mediano; logo abaixo, o tendão flexor superficial do indicador e do mínimo, guardando a relação 3 e 4 / 2 e 5 (médio e anular/indicador e mínimo); em último plano, seguem os flexores profundos e os tendões do flexor longo do polegar (Fig.1) (Sobania e Santos, 2000).

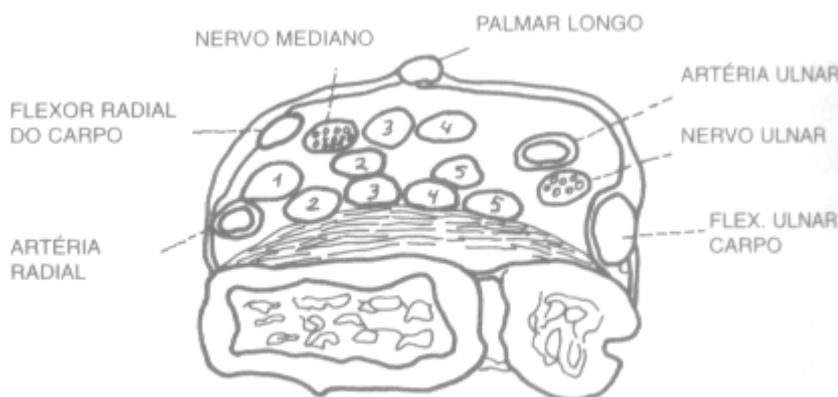


Figura 1. Disposição dos tendões flexores no do punho (Sobania e Santos, 2000).

O flexor longo do polegar segue rumo ao dedo, correndo pelo lado externo (radial) em direção ao túnel cárpico, penetrando em uma abertura na parede lateral desse túnel e inserindo-se na falange distal. Esse tendão tem uma bainha sinovial que o protege em toda sua extensão, o qual, no polegar, é reforçada por três polias, que são:

metacarpofalângica, interfalângica e oblíqua, situada entre as duas primeiras, conforme Doyle (1977) (Fig.2).

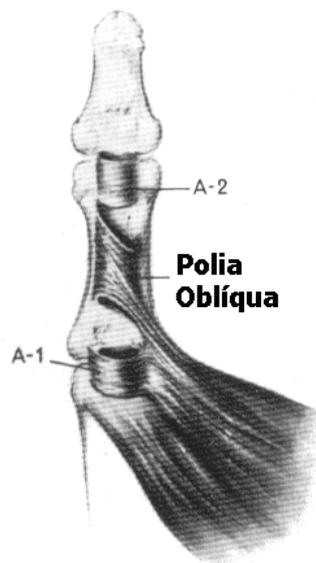


Figura 2. As três polias da bainha do flexor longo do polegar (Doyle, 1977).

O percurso dos tendões flexores superficiais é individualizado; já os flexores profundos são unidos como um bloco. O único que apresenta uma certa individualidade é o flexor profundo do indicador. No túnel carpiano (osteofibroso) situa-se um conjunto de tendões, além do nervo mediano. O túnel apresenta 3 cm de comprimento e, nesta área, cada tendão é envolvido por uma bainha sinovial que produz líquido sinovial. Há duas membranas na bainha, a parietal e a visceral, que estão em continuidade com o punho e parte da palma, formando um compartimento fechado. Cruzando o túnel, os tendões seguem separadamente, dois a dois, um flexor profundo e um superficial para cada dedo, com deslizamento independente um sobre o outro. Nesta área, o túnel carpiano e palma da mão, os lumbricais originam-se dos flexores profundos dos dedos, em número de quatro, sendo sua tensão dada pelo tendão flexor. Ao nível da articulação metacarpofalangeana, o tendão flexor superficial divide-se para dar passagem ao flexor profundo, formando o quiasma de Camper; o primeiro insere-se na falange média e o último, na falange distal. A bainha sinovial dos flexores do quinto dedo acompanha os tendões em toda a sua extensão, sendo uma só e contínua. A bainha sinovial do segundo, terceiro e quarto dedos

permanece contínua na extensão do túnel osseofibroso desses dedos; já o polegar possui uma bainha sinovial contínua, desde o túnel carpiano ao dedo, segundo Sobania e Santos (2000) (Fig.3).

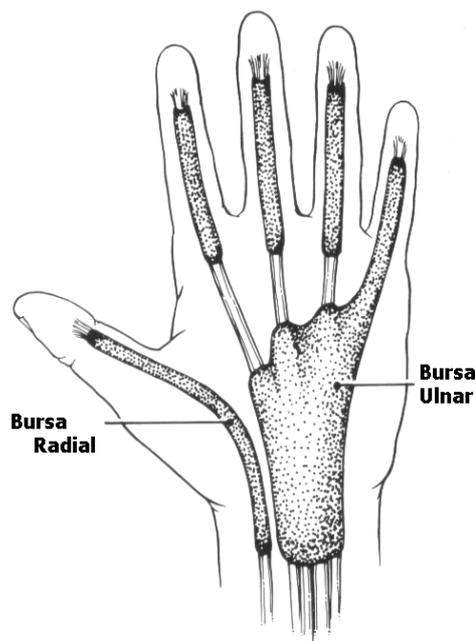


Figura 3. Configuração da anatomia normal das bainhas sinoviais.

O túnel osteofibroso de cada dedo serve para possibilitar a flexão das articulações em curto espaço e é reforçado em determinadas áreas para que funcionem como polias ou roldanas, possibilitando maior firmeza e menos força. Doyle (1977) definiu quatro polias anulares e três cruciformes. Kleinert e Bennett (1978) e Ochiai et al. (1979) citam cinco polias anulares e quatro cruciformes (Fig.4).

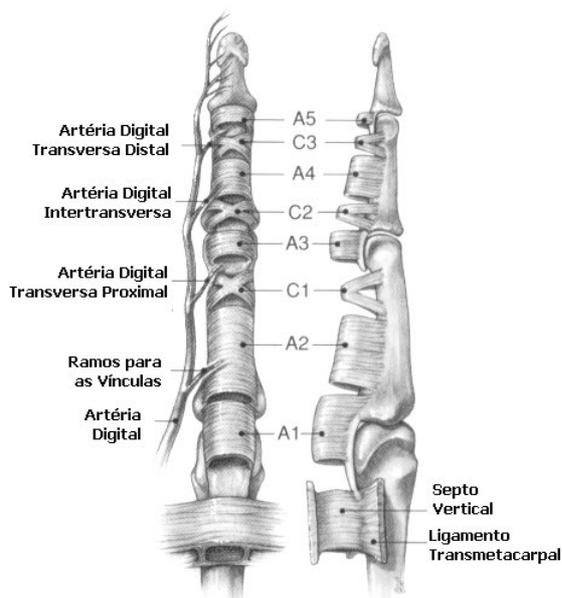
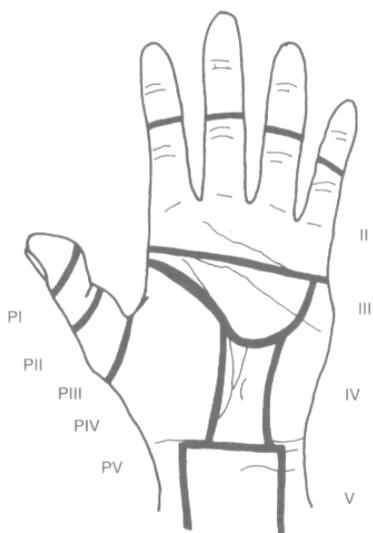


Figura 4. Túnel osteofibroso de cada dedo, mostrando as polias anulares (A1-A5) e polias cruciformes (C1-C3), bem como a nutrição arterial.

As polias A2 e A4 são as mais importantes no ponto de vista clínico e devem ser preservadas e reconstruídas para que haja uma ótima função digital no mecanismo de deslizamento e força, como destacam O'Hara et al.(1998) e Defino et al.(1990).

Para maior compreensão do atendimento da reparação tendinosa, Verdan (1960, 1972, 1979) dividiu a mão em várias zonas. A Federação Internacional da Sociedade de Cirurgia da Mão, em 1980, baseada nisso, estabeleceu de forma universal a classificação a ser seguida (Fig.5).



**Figura 5. Divisão da mão em zonas de acordo com a Federação
Internacional da cirurgia de mão.**

Na análise do trajeto dos tendões flexores existem áreas críticas, tais como túnel carpiano, túnel osteofibroso do polegar e dos dedos. Nessas áreas, a reparação torna-se mais difícil de ser executada, exigindo um conhecimento anatômico pertinente, materiais de sutura delicados e destreza cirúrgica, para que se possam restabelecer a anatomia e a funcionabilidade mecânica do tendão flexor, facilitando o deslizamento e a cicatrização e evitando, com isso, aderências e seqüelas.

1.1.1. Nutrição tendínea

Muitos estudos sobre anatomia vascular dos tendões flexores têm sido descritos na literatura, como os de Armenta et al. (1980 e 1984), Azar et al. (1983), Ochiai et al. (1979), Peacock et al. (1959), Young et al. (1970), porém nem sempre há um entendimento entre esses. Desde o antebraço ao caminho da palma, os tendões recebem suprimento sanguíneo de vasos encontrados no paratendão vindos dos músculos. Esses vasos entram nos tendões e viajam longitudinalmente. Nos metacarpianos e nas metacarpofalangeanas, o tendão é vascularizado por ramos do arco palmar superficial e artérias metacarpianas. As artérias digitais suprem o resto do tendão, juntamente com ramos arteriais vindos das vínculas, do mesotendão e do perióstio.

Segundo Ochiai et al. (1979), as vínculas são representadas:

- a) víncula curta do superficial (*vinculun brevis superficialis*), que se origina da parte membranosa da placa volar da região interfalângica proximal e se fixa nas divisões do tendão flexor superficial;
- b) víncula curta do profundo (*vinculun brevis profundus*), que se origina dos dois terços distais da falange média. Estas vínculas estão sempre presentes. Há também vínculas longas do profundo que saem da superfície volar do flexor superficial, e a víncula longa do superficial, que vem da base da primeira falange, a qual não é muito freqüente (Fig.6).

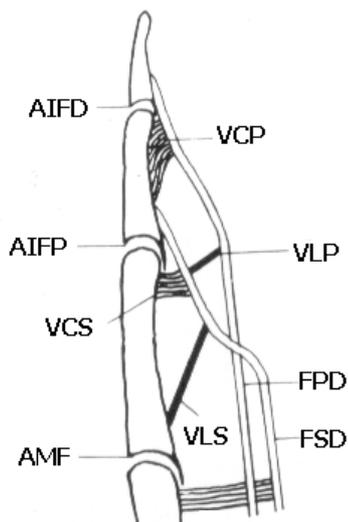


Figura 6. Representação das vínculas de cada dedo. AIFD (articulação interfalangeana distal), AIFP (articulação interfalangeana proximal), AMF (articulação metacarpofalangeana), VCP (víncula curta do profundo), VLP (víncula longa do profundo), VCS (víncula curta do superficial), VLS (víncula longa do superficial), FPD (flexor profundo do dedo), FSD (flexor superficial do dedo), segundo Ochiai (1979).

Dalapria et al. (1991) e Lundborg et al. (1977), mostraram a importância do epiténdão na vascularização dos tendões flexores e seu padrão vascular. Demonstraram, também, a suficiência das artérias radial e ulnar, isoladamente, em manter a circulação ao nível do antebraço e mão. Isso leva a supor que, após um ferimento com dano ou oclusão de qualquer uma dessas, a circulação dos tendões flexores estará preservada, o que vem evidenciando que outro fator de nutrição existe e é representado pelo líquido sinovial, sinal de que a bainha deve ser preservada o máximo possível.

1.1.2. Cicatrização dos Tendões Flexores

A exata maneira como o tendão cicatriza ainda não é completamente entendida. Manske et al. (1984), Mass e Tuel (1989 e 1991) e Garner et al. (1988) têm mostrado em vários modelos de animais a capacidade intrínseca de cicatrização dos tendões. Contudo,

também têm mostrado a neovascularização nas bainhas tendíneas, valorizando um papel importante na cicatrização intra-sinovial dos tendões.

Takai et al. (1991) e Gelberman et al. (1980, 1981 e 1990) avaliaram cuidadosamente o processo de cicatrização *in vivo* e *in vitro*, tendo demonstrado que a força tênsil, a capacidade de deslizamento e a cicatrização são melhores em tendões mobilizados do que em tendões imobilizados, onde as aderências foram maiores.

Muita atenção tem sido dada para a mobilização ativa precoce seguida no reparo dos tendões, facilitando a rápida cicatrização, como vem sendo investigado em muitos estudos experimentais e clínicos, destacando-se autores como Brunelli et al. (1983), Cullen et al. (1989), Hagberg et al. (1991), MacMillan et al. (1987) e Savage (1985 e 1988).

1.1.3. Aspectos funcionais da mão

Como relatam Bejjani e Landsmeer (1989), a mão, por si só, é de renomada mobilidade e maleabilidade, capaz de grande variedade de funções, desde segurar objetos de vários formatos à exploração tátil, o que enfatizando a idéia que está sendo expressa.

Destacam Sobania e Santos (2000) que os dedos também apresentam a sua individualidade. O polegar, por exemplo, é de uso constante e funciona isoladamente, sendo independente em relação aos demais dedos. A flexão de sua articulação interfalângica não constitui o seu principal movimento; bem mais importantes são a abdução, a adução, a oponência e a extensão. Assim, o resultado da cirurgia reparadora do respectivo tendão flexor, em geral, é satisfatório, mesmo que a flexão não venha a ser plenamente restabelecida. O dedo indicador funciona, igualmente, de forma isolada, mas é um dedo que pode ser, e o é com freqüência, funcionalmente excluído da mão em virtude de ser substituído, facilmente, pelo dedo médio, fato esse que pode prejudicar sua recuperação. No exame deste dedo, vemos ainda que a flexão da articulação interfalângica proximal é de maior importância que a distal; seu flexor superficial é igual ou mais importante que o flexor profundo. Os outros dedos funcionam mais em conjunto. Por isso, na cinesioterapia, após a recuperação, há aumento da possibilidade de recuperação do deslizamento quando somente um dos dedos foi lesado. Esses mesmos autores dizem ainda

que, na mão, tudo funciona harmonicamente e, para que isso aconteça, o deslizamento dos tendões flexores tem de ser perfeito, sob pena de ocorrer dificuldade de tarefas.

De acordo com as afirmações de Gregory e Zatsiorsky (1988) e Li et al. (1998), com relação à força dos dedos, elemento importante para que o trabalho seja realizado, a variabilidade da força individual de cada dedo não influencia na variabilidade da força total nas tarefas em que se usam todos os dedos da mão. Ainda, em múltiplos modelos biomecânicos, os músculos extrínsecos, como flexor superficial e profundo dos dedos, são de maior contribuição não só nos movimentos articulares como também na força muscular, quando comparados aos músculos intrínsecos da mão.

Na concepção de Nagerl et al. (1998) e Takahashi et al. (1998), em relação à decomposição do mecanismo complexo no movimento dos dedos, há uma sobreposição cinemática da articulação metacarpofalângica (MCF) com as articulações interfalângicas proximal e distal. Na extensão / flexão, a MCF possui dois graus de liberdade. Isso assume, conseqüentemente, seis graus de liberdade se adicionadas às articulações interfalângicas proximal e distal para cada dedo. Conclui-se, portanto, que a mão é um órgão extremamente móvel e de infinitas variedades de movimentos, com capacidade de apreensão de moldar a si própria, ajudada pelos diferentes contornos articulares e pela ação do sistema muscular intrínseco e extrínseco.

1.2. Técnicas de sutura em lesões de tendões flexores

Diversas são as formas de rupturas ou lesões dos tendões flexores, das quais as mais comuns são: serra circular; arma branca (cortocontusa); explosão (fogos de artifício); máquinas de prensa; acidente automobilístico.

Alguns relatos de lesões dos flexores não muito comuns são citados na literatura, como ruptura espontânea do flexor longo do polegar, ocasionada pelo osso sesamóide (Webb e Elliot, 1997); ruptura dos flexores do dedo mínimo e anular por fratura distal do rádio (Wada et al., 1999); ruptura do flexor longo do polegar devido a pseudoartrose do escafoide (Saitoh et al., 1999); efeito deletério em tendões previamente traumatizados com o uso de corticóides (Lech et al., 1996) e ruptura do flexor longo do

polegar por colocação inadequada de placa na fratura distal do rádio (Nunley e Rowan, 1999).

As incisões (cortes) sugeridas por Bunnell (1940 e 1951) e Boyes (1962) são aquelas que evitam a retração, as quais devem ser realizadas sobre as pregas de flexão ou paralelamente. Se as pregas forem cortadas, deverá ser feito em traçado oblíquo. No dedo, o acesso poderá ser mediolateral ou volar, em ziguezague com o ângulo entre as pregas de 60° ou 90° ou mais, para não haver perturbação no suprimento sanguíneo da pele.

Para Bruner (1967), o acesso direto, com boa exposição e visão das estruturas a serem operadas, é o começo de uma boa cirurgia (Fig.7).

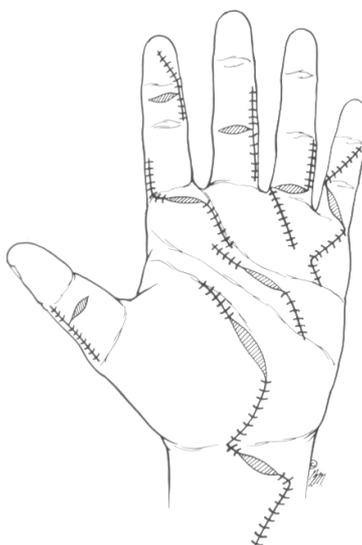


Figura 7. Traçado das incisões nos dedos e palma da mão, respeitando as linhas de força a fim de evitar retrações de pele.

Para Sobania e Santos (2000), a sutura dos tendões flexores deve seguir os seguintes princípios biológicos :

1. deve ser suficientemente forte para permitir a mobilização passiva e/ou ativa;
2. procurar manter íntegra a vascularização;
3. a superfície deve permanecer lisa;
4. conservar íntegras estruturas como bainhas e polias;
5. utilizar uma técnica atraumática;
6. o material não deve ser irritante.

Várias são as técnicas cirúrgicas, cada uma delas oferecendo vantagens e desvantagens. A técnica de Bunnell (1940), clássica, é uma sutura em ziguezague múltipla, realizada com fio de aço, que pode ser ou não removida; foi abandonada em virtude do estrangulamento da sutura aos microvasos do tendão (Fig.8). As técnicas de sutura mais utilizadas no mundo são: Tsuge, Kessler modificado (epitendínea simples), Kessler modificado (epitendínea Halted), Savage, Indiana (Strickland), Cruciate, Tsai, Yoshizu, Kleinert modificado de Bunnell, as quais serão descritas em materiais e métodos.

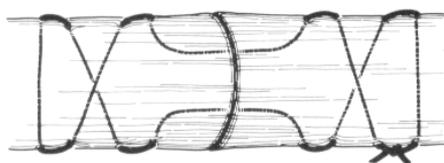


Figura 8. Sutura clássica de Bunnell (1940).

1.3. Propriedades elásticas dos tendões flexores

Histologicamente, conforme Snell (1985), os tendões flexores consistem em *feixes* densos de colágenos regularmente dispostos em *fibras* colágenas, todos orientados na mesma direção. As fibras colágenas são formadas pela proteína colágeno, a qual é composta de várias *fibrilas* paralelas (Fig. 9); por sua vez, cada fibrila é composta por feixes de *microfibrilas* paralelas. As microfibrilas podem somente ser vistas ao microscópio eletrônico e possuem entre 20 e 100 nm de espessura. Cada microfibrila é composta quimicamente por moléculas de tropocolágeno, as quais são cadeias protéicas polipeptídicas ricas em aminoácidos como glicina, hidroxiprolina e hidroxilisina. As fibras colágenas são importantes mecanicamente no tecido conjuntivo, pois são flexíveis, mas fortemente resistentes às forças de tração. A maioria das células são fibrócitos que se localizam sobre os feixes de fibras colágenas (Fig.10). Os tendões precisam ter grande resistência à força de estiramento, porque unem os músculos aos ossos.

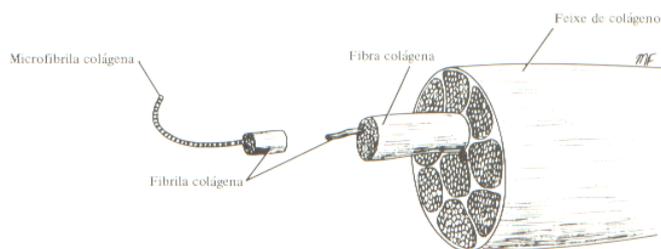


Figura 9. Arranjo das microfibrilas colágenas para formar fibrilas, as quais, por sua vez, reúnem-se para formar as fibras colágenas e, finalmente, feixes de fibras colágenas.

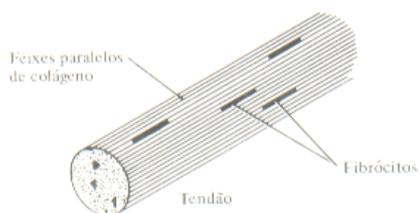


Figura 10. Exposição histológica do tendão.

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados tendões flexores superficiais e profundos de seis cadáveres frescos (doadores de órgãos), 78 para treze técnicas e 6 para o grupo de controle, num total de 84 tendões; esses eram provenientes do polegar ao quarto dedo (anular), uma vez que apresentam características anatômicas semelhantes, com espessura (diâmetro) de 4mm, cuja variação foi de ± 2 mm. A coleta dos tendões foi realizada seis a oito horas pós-morte (Anexo 2).

2.1. Instrumentação

A máquina de ensaio utilizada para aplicar forças de tensões nos tendões foi a EMIC – DL/2000, produzida em São José dos Pinhais, no estado do Paraná (Fig.11). A máquina destina-se à realização de ensaio de tração, compressão, flexão, dobramento, envolvendo forças de 0 a 2.000Kgf (± 20.000 N). A faixa de variação de velocidade é bastante ampla, de 0,02 a 500mm/min. A velocidade utilizada para realizar a tensão dos tendões suturados foi programada para 2mm por minuto. A coleta de dados foi transmitida a um microcomputador-PC onde foram registrados e impressos (Gráfico 1).

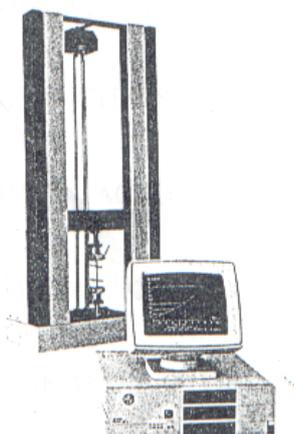
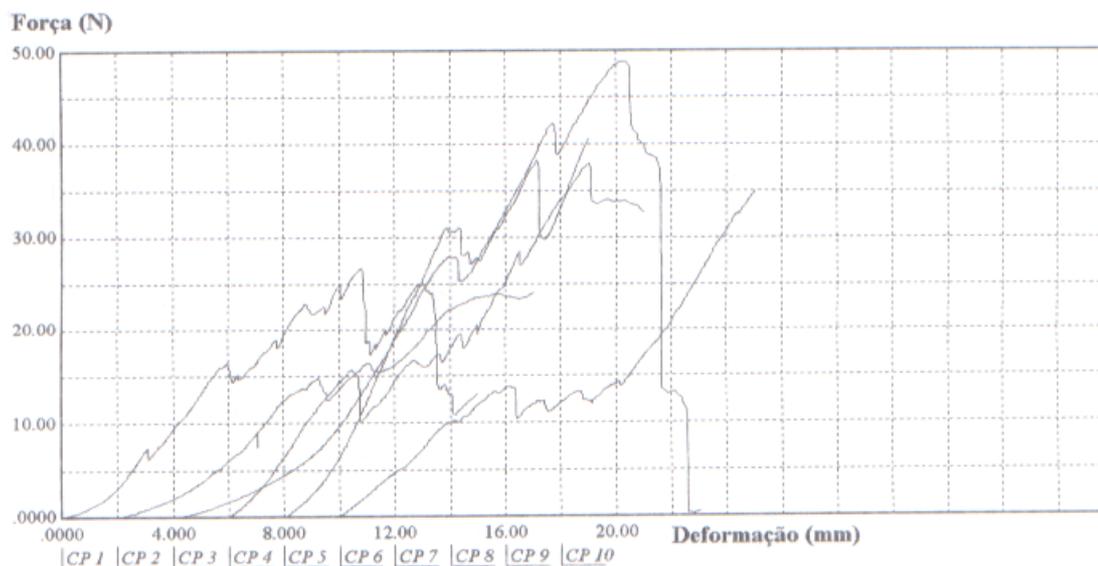


Figura 11. Máquina de ensaio EMIC – DL/2000.

Parâmetro	Força	Deformação
Evento	Força Max.	Força Max.
Unidade	(N)	(mm)
CP 1	26.74	10.80
CP 2	23.94	15.02
CP 3	40.65	15.02
CP 4	37.91	13.06
CP 5	48.81	12.20
CP 6	35.03	15.05
Número CPs	6	6
Média	35.51	13.53
Mediana	37.91	15.02
Desv.Padrão	9.166	1.800
Coef.Var.(%)	25.81	13.31
Mínimo	23.94	10.80
Máximo	48.81	15.05



**Gráfico 1. Ensaio de tração: representação gráfica, exemplo:
Técnica de Brasil-1.**

2.2. Procedimentos de coleta de dados

A faixa etária dos cadáveres frescos foi de 15 a 50 anos, sexo masculino, média 30,6 anos. Espécimes portadores de doenças com envolvimento metabólico, endocrinológico ou colágeno, como Lupus Eritematoso Sistêmico, Esclerodermia, Periartrite Nodosa, Artrite Reumatóide, Diabetes Mellitus etc., foram excluídos, evitando interferência nas fibras colágenas e elásticas nos resultados. De cada cadáver eram retirados 14 tendões, onde eram feitas incisões (cortes) nas articulações metacarpofalangianas dos dedos e na prega proximal do punho, suficientes para que cada tipo de tendão recebesse um tipo de técnica. Os tendões, após a coleta, eram colocados em solução salina e armazenados até, no máximo, 96 horas em um refrigerador a 10°C

evitando que perdessem características histológicas. Em cada técnica de sutura foram utilizados tendões de diferentes cadáveres, evitando-se o uso de tendões de um mesmo cadáver para uma mesma técnica (Anexo 2). A diversidade contribuiu para a comprovação da qualidade e da eficácia de cada técnica. Um grupo de controle, tendão na íntegra (sem seccioná-lo e suturá-lo), foi adicionado para comparar com os grupos de teste. Todo o ensaio foi filmado e registrado em uma fita Super-VHS.

2.2.1. Preparo do ensaio

Em razão das inúmeras técnicas existentes, neste trabalho foram utilizadas as onze mais utilizadas no mundo e duas em estudo desenvolvidas pelo autor, totalizando treze tipos, as quais foram divididas em quatro grupos de acordo com as passadas (*strand*) no centro do tendão. Um grupo de controle (onde não houve sutura) para a análise com as demais técnicas de sutura foi criado. Os tendões foram seccionados e suturados por um mesmo cirurgião, sendo utilizadas as diferentes técnicas, e suas extremidades, presas nas braçadeiras da máquina de ensaio EMIC-DL/2000, onde a velocidade de tração foi ajustada para 2 mm/minuto. O material utilizado foi o náilon 4.0, para a sutura central (núcleo), e 5.0, para a periferia (epitendínea). Em razão do sistema de braçadeiras, o rompimento só ocorreu no local onde a sutura foi realizada. A divisão dos grupos de sutura foi a seguinte:

Primeiro Grupo: duas (2) passadas (*strand*)

KC – Kessler, sutura contínua no epitendão

KH – Kessler, sutura de Halsted no epitendão

T – Tsuge

KB – Kleinert modificado de Bunnell

Segundo Grupo: quatro (4) passadas (*strand*)

C – Cruciate

KD – Kessler duplo

I – Indiana

B1 – Brasil-1

B2 – Brasil-2

Terceiro Grupo: seis (6) passadas (*strand*)

TI – Tsai

Y – Yoshizu

S - Savage

Quarto Grupo: oito (8) passadas (*strand*)

P - Pittsburgh

1. Primeiro grupo (2-*strand*); sutura com duas passadas no centro do tendão com modificação na forma como é realizada;

- 1.1. Kessler com sutura epitendínea contínua: a agulha é introduzida no interior do tendão a partir da secção até 1 cm distal, onde sai do tendão e retorna sobre o mesmo acima do fio previamente introduzido, realizando um ângulo de 90 graus. A agulha sai do tendão e retorna por baixo do fio cruzado anteriormente indo para o outro coto do tendão, onde percorre 1 cm distal da secção; sai novamente e retorna por cima do fio introduzido anteriormente, realizando 90 graus. A agulha, pela quarta vez, sai do tendão e retorna por baixo do fio cruzado anteriormente, voltando à origem onde se iniciou a sutura. O nó, então, é realizado e, perifericamente, é feita uma sutura (costura) simples (Fig.12) (Kessler apud Zatiti et al., 1998).

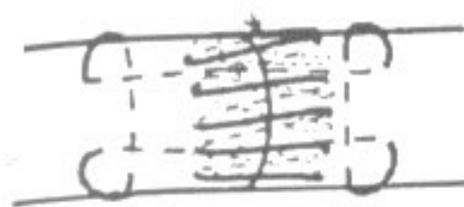


Figura 12. Técnica de Kessler, sutura contínua no epitendão.

- 1.2. Kessler com sutura epitendínea de Halsted: a agulha é introduzida no interior do tendão a partir da secção até 1 cm distal, onde sai do tendão e retorna sobre o mesmo acima do fio previamente introduzido, fazendo um ângulo de 90 graus. A agulha sai do tendão e retorna por baixo do fio cruzado anteriormente, indo para o outro coto do tendão, onde percorre 1

cm distal da secção; sai novamente e retorna por cima do fio introduzido anteriormente, realizando um ângulo de 90 graus. A agulha, pela quarta vez, sai do tendão e retorna por baixo do fio cruzado anteriormente, voltando à origem onde se iniciou a sutura. O nó, então, é realizado e, perifericamente, o tendão é suturado em forma de bordado grego (Fig.13) (Kessler com sutura epitendínea de Halsted apud Sanders et al., 1997).

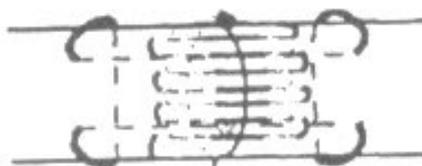


Figura 13. Técnica de Kessler, sutura de Halsted no epitendão.

- 1.3. Tsuge: a sutura é iniciada com agulha sendo introduzida 1 cm distal à secção, percorre 1 cm além da mesma, saindo e retornando no tendão; novamente percorre 1 cm até a secção e mais 1 cm além da mesma. Então, o nó, é realizado, e em cada extremidade, um nó de segurança. Perifericamente, é realizada uma costura simples (Fig.14) (Tsuge et al., 1977).

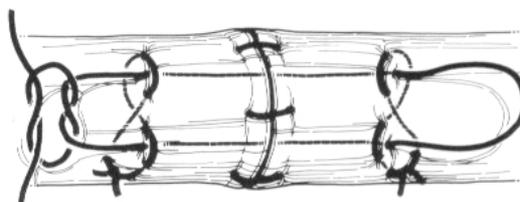


Figura 14. Técnica de Tsuge.

- 1.4. Kleinert modificado de Bunnell: a sutura inicia-se com a agulha sendo introduzida no local da secção, percorrendo 1cm diagonal ao tendão. A agulha sai e retorna novamente ao tendão; percorre-o transversalmente, saindo e retornando ao tendão obliquamente, indo de um coto para o outro. Novamente é realizado o mesmo processo. O nó, então, é efetuado e,

periféricamente, é realizada uma costura simples (Fig.15) (Kleinert et al., 1967).

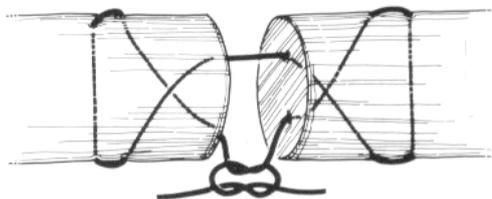


Figura 15. Técnica de Kleinert modificada de Bunnell.

2. Segundo grupo (*4-strand*): sutura que apresenta quatro passadas no interior do tendão com alterações na forma como são realizadas:

2.1. *Cruciate*: a agulha é introduzida 1 cm distal à secção e cruzada paralelamente até 1 cm além do corte; sai do tendão e retorna obliquamente ao outro lado, percorrendo 1cm além da linha de secção; novamente, sai do tendão e retorna paralelamente até a sua outra extremidade; sai e retorna para o tendão, percorrendo obliquamente o tendão até o outro coto, onde, então, o nó é efetuado. Periféricamente, uma sutura simples é efetuada (Fig.16) (McLarney et al., 1999).

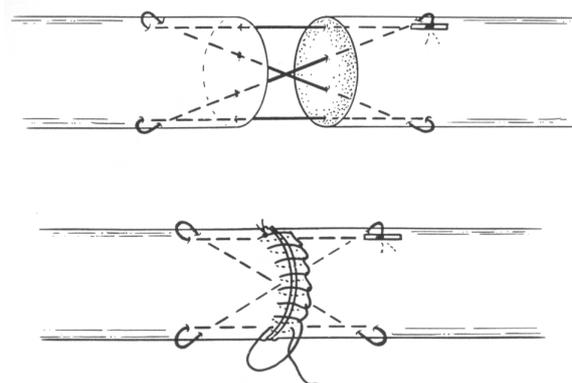


Figura 16. Técnica de Cruciate.

2.2. *Kessler duplo*: a sutura central é passada quatro vezes, ou seja, é realizada a sutura de Kessler duplamente, como citado (Fig.17). Periféricamente, uma costura simples é completada (Shaieb e Singer, 1997).

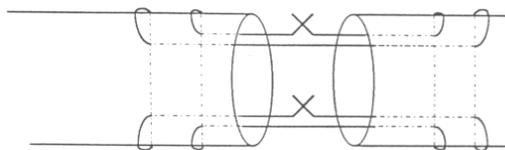


Figura 17. Técnica de Kessler duplo.

- 2.3. Indiana (Strickland): a agulha inicia no local da secção, percorre 1.25cm paralelamente ao tendão, sai e retorna, dando uma volta em si; transversalmente, cruza para o outro lado, saindo e voltando ao tendão; novamente dá uma volta em si e retorna pelo tendão até o local da secção. Uma outra agulha percorre 1.25cm paralelamente ao outro coto de tendão, num processo que é realizado da mesma maneira, após o que os dois nós são efetuados. Um outro fio é passado no centro, iniciando no local da secção, percorrendo até 1cm do outro lado, de onde sai e retorna ao tendão. A agulha é passada novamente de volta, saindo a 1cm além do local da secção, sai e retorna ao tendão, percorrendo até o local da secção, onde o nó é realizado. Periféricamente, uma costura simples é realizada (Fig.18) (Strickland, 1985).

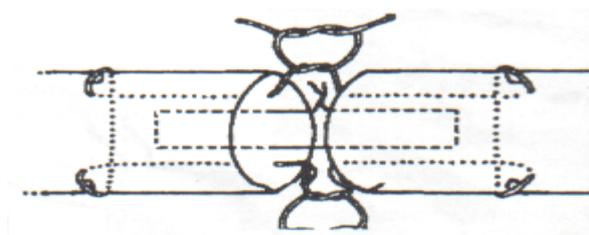


Figura 18. Técnica de Indiana.

Além das técnicas já apresentadas, foram desenvolvidas pelo autor duas novas técnicas de sutura em estudo, Brasil-1 e Brasil-2, as quais serão descritas a seguir:

- 2.4. Brasil-1: nessa sutura, o fio utilizado é um fio duplo com apenas uma agulha. Inicia-se dando um primeiro nó a 1cm do local de secção (A). A

agulha penetra no tendão e é passada para outro coto, percorrendo 1cm além da secção (B), onde sai e o segundo nó é efetuado (C e D). A agulha entra no tendão e é passada para o outro lado transversalmente; sai e volta para o tendão, cruzando perpendicularmente o fio anterior, saindo a 1cm do outro lado; volta e cruza perpendicularmente (E). A agulha sai e é passada novamente no tendão, fazendo uma volta sem fechá-la. Um dos fios é cortado, e a agulha é passada por baixo da volta (F e G); então, o nó é realizado e a volta dada fecha-se (H). Periféricamente, é realizada uma costura simples (Fig.19).

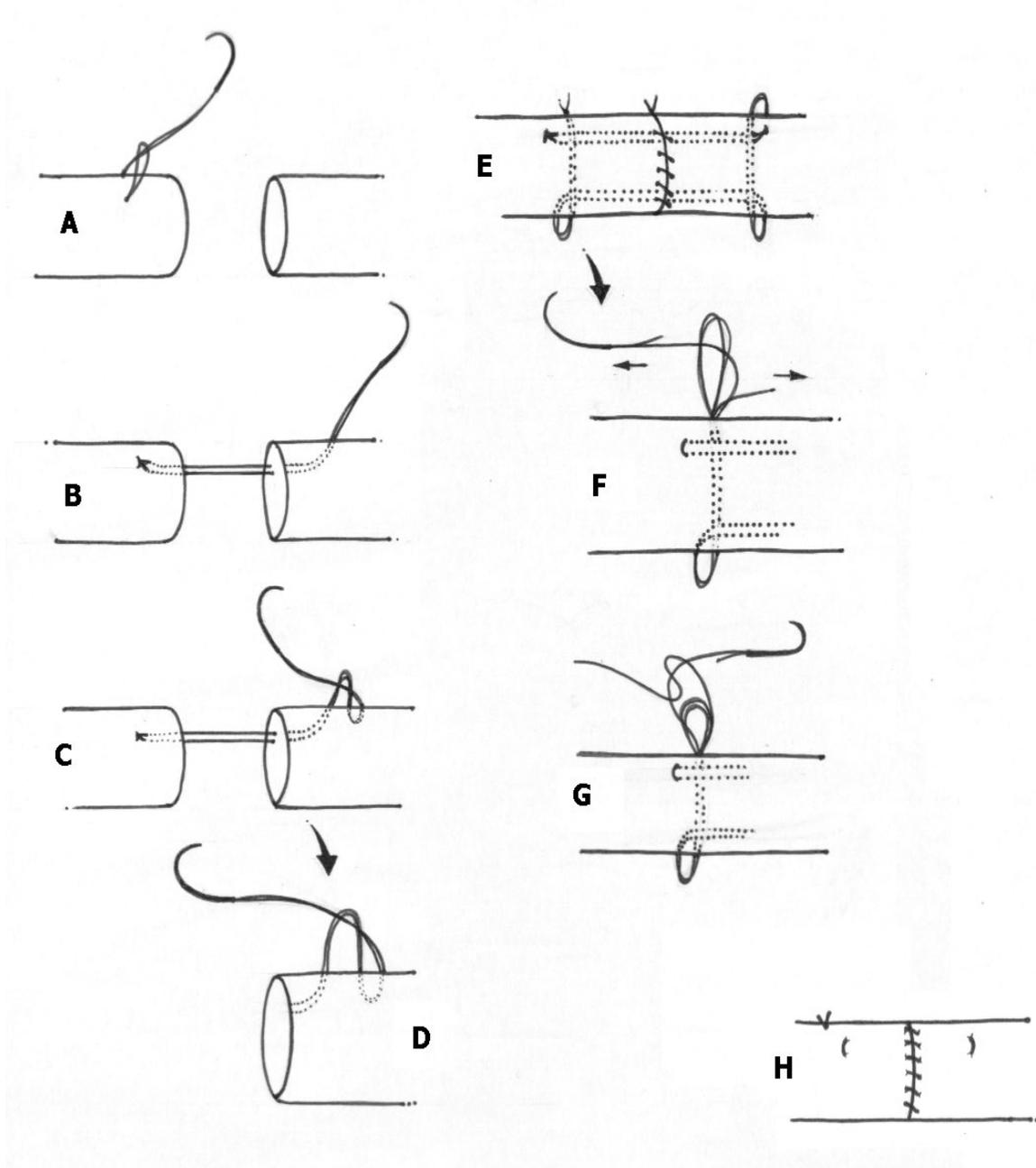


Figura 19. Técnica de Brasil-1.

- 2.5. Brasil-2: nesta sutura o fio utilizado é duplo com apenas uma agulha. Inicia-se dando um primeiro nó 1cm do local de secção (A). A agulha é cruzada transversalmente para o mesmo lado do tendão, sai e volta, cruzando perpendicularmente, abaixo do fio anterior, saindo no outro coto a 1cm do local da secção (B). A agulha sai e um segundo nó é dado (C). Perpendicularmente, a agulha sai no outro lado no mesmo coto e volta por

baixo do fio cruzado anteriormente, percorre paralela ao tendão e passa para o outro coto a 1cm da secção. A agulha sai e volta ao tendão, fazendo uma volta sem fechá-la (D). Um dos fios é cortado e a agulha é passada por baixo da volta dada, fechando-a com um nó final (E). Periféricamente, é realizada uma costura simples (Fig.20).

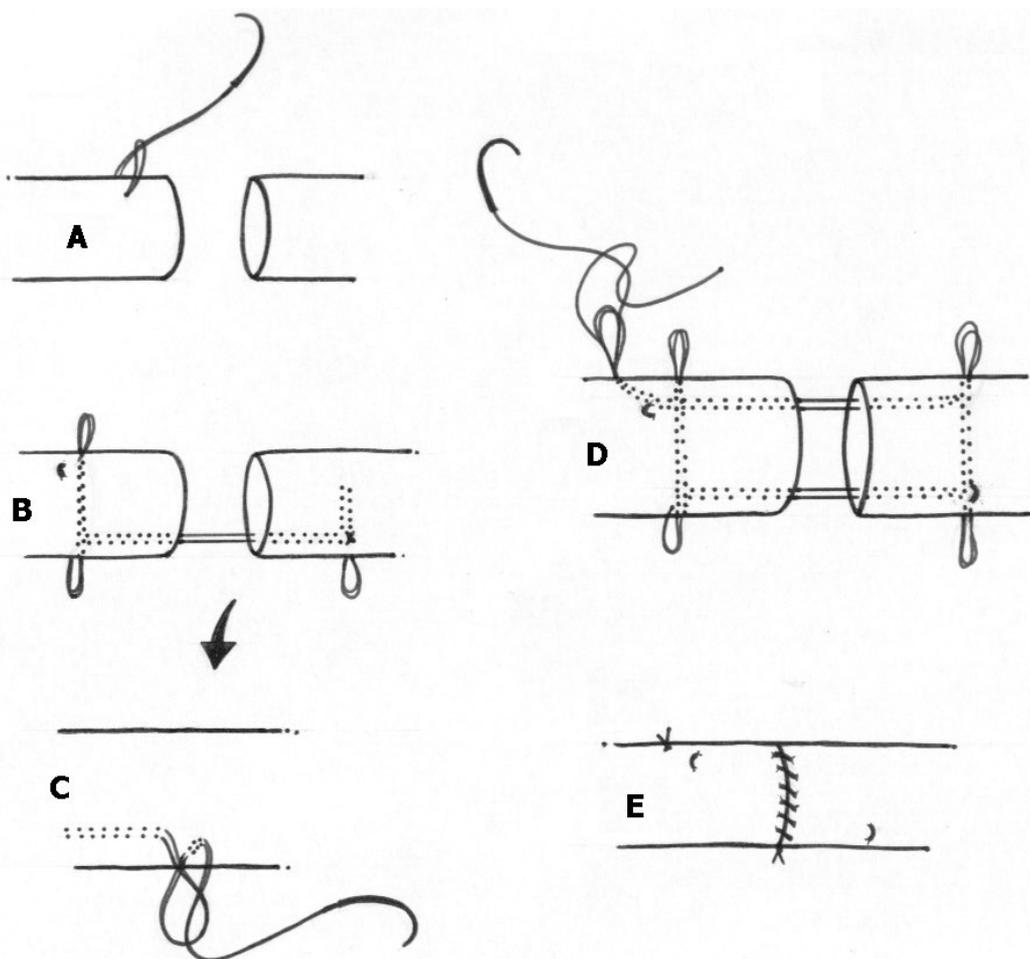


Figura 20. Técnica de Brasil-2.

- 3) Terceiro grupo (*6-strand*): sutura com seis passadas no centro do tendão, diferenciando-se nos nós dados nos cotos e das maneiras como são realizadas:
1. Savage: a agulha é introduzida a 1cm no interior do tendão, local da secção, onde sai e entra formando uma figura em 'x', indo para o outro coto tendíneo e percorrendo 1cm além do local da secção. Novamente a agulha entra e sai do

tendão formando uma figura em “x”, quando, então, o fio volta para o outro coto. Em cada coto realizam-se três idas e vindas. O nó é dado no centro do tendão, e as seis passadas se completam. Periféricamente, é realizada uma costura simples (Fig.21) (Savage, 1985).

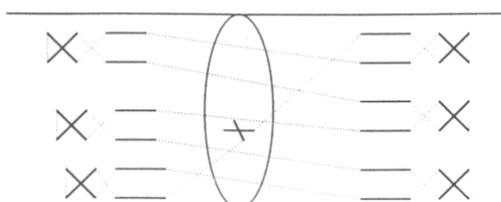
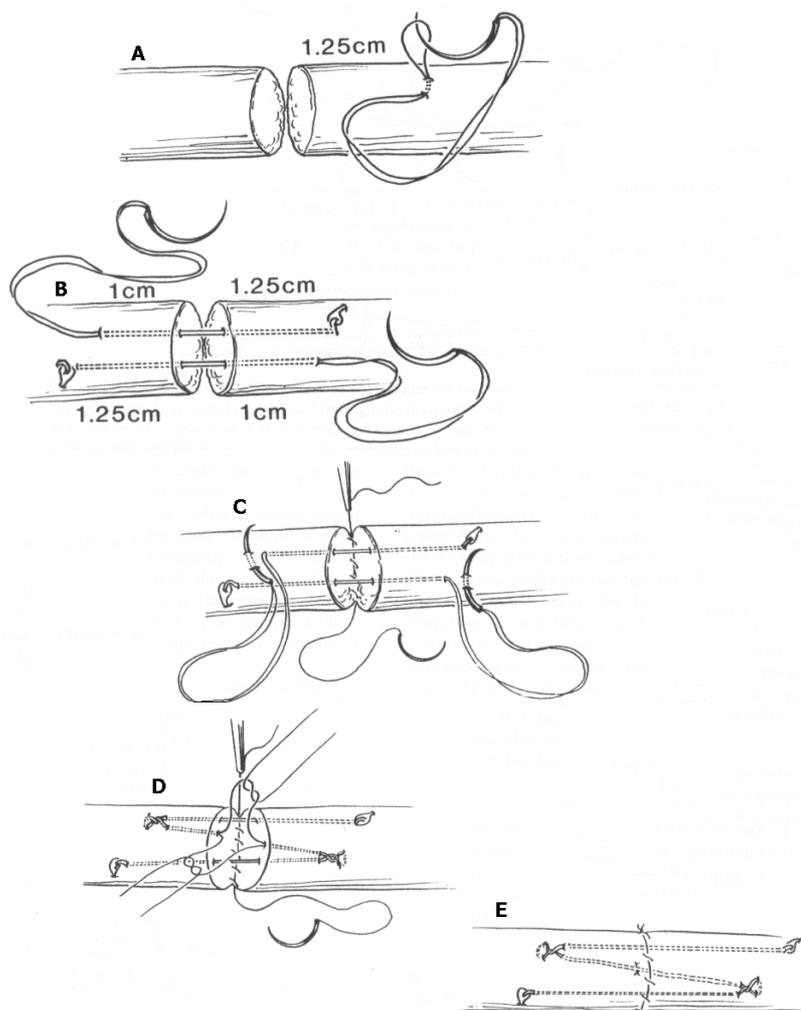


Figura 21. Técnica de Savage.

1.2. Tsai: nesta sutura, o fio utilizado é duplo com apenas uma agulha. Dois fios são necessários para realizá-la. Inicia-se dando um primeiro nó a 1.25cm do local de secção (A). O fio é passado para o outro coto até 1cm da secção. Da mesma maneira, no outro lado, um nó é dado a 1.25cm da secção e o fio é passado para outro coto de tendão até 1cm (B). As duas agulhas de cada lado retornam ao centro, onde o nó final é dado, completando seis passadas (C e D). Periféricamente, é realizada uma costura simples (E) (Fig.22) (Lim e Tsai, 1996).

Fig.22. Técnica de Tsai



3.3. Yoshizu: nesta sutura, o fio utilizado é duplo com apenas uma agulha. Duas agulhas com fios duplos são necessárias para realizá-la. Esta sutura é uma mistura da sutura de Tsuge com a de Kessler. Uma agulha com fio duplo é introduzida no coto tendíneo até 1cm, a qual sai e volta no tendão por cima do fio passado anteriormente, fazendo um ângulo de 90 graus. O fio sai e volta, cruzando por baixo do fio passado anteriormente, saindo no outro lado a 1cm do local de secção. Novamente o fio sai e entra no tendão, cruzando por cima do fio passado anteriormente. A agulha sai e volta, cruza por baixo do fio, saindo no local de secção; o nó é então realizado. Outro fio duplo é passado de um coto ao outro, partindo de um lado a 1.25 cm do local de secção, indo ao outro lado, com uma distância de 1.25 cm; então, o fio volta e o nó final é realizado. Periféricamente, é realizada uma costura simples (Fig.23) (Kusano, Yoshizu e Maki, 1999).

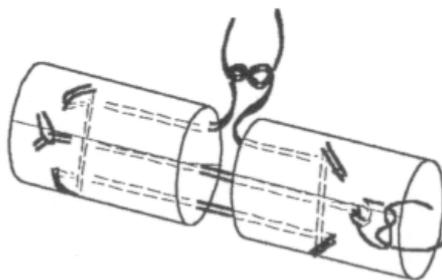


Fig.23. Técnica de Yoshizu

4. Quarto grupo (*8-strand*): sutura com oito passadas centrais no interior do tendão:

4.1. Pittsburgh: um fio duplo com uma agulha é utilizado. Inicia-se a sutura com um fio duplo introduzido no local da secção, percorrendo paralelamente o tendão até 1cm. O fio sai e volta ao tendão (A), cruza acima do fio passado anteriormente até o outro lado, onde sai e volta por baixo do fio cruzado transversalmente. Retorna para o local de secção e percorre 1cm até outro coto tendíneo; sai e volta, cruzando por cima e saindo no outro lado do tendão (B). Volta novamente ao tendão, cruza por baixo, indo para o outro coto tendíneo a uma distância de 1.25 cm do local da secção (C). Mais uma vez, o circuito do fio no interior do tendão é feito de modo que se dêem oito passadas; então, o nó final é fechado no centro do tendão (D e E). Periféricamente (F), é realizada uma costura simples (Fig.24) (Winters et al.,1998).

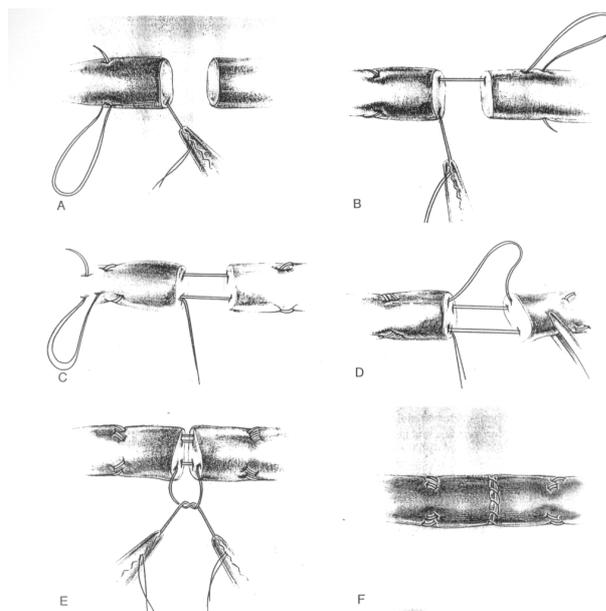


Fig.24. Técnica de Pittsburgh.

2.3. Tratamento dos dados

Cada técnica de sutura foi testada com seis repetições e três parâmetros de resistência (indicadores), conforme mostra a tabela no Anexo 1, medidos em Newton (N), os quais são:

F₁ – início da separação;

F₂ – separação de 3mm;

F₃ – ruptura completa.

Esses parâmetros ou indicadores serviram para testar se o “nó” ou os “nós” de cada sutura em diferentes grupos apresentaram ou não variabilidade (união e distância entre os cotos tendíneos). O início da separação foi observado com uma lupa 3.5X de magnificação. As deformações, ou seja, distâncias em milímetros (mm) entre os cotos tendíneos suturados, também foram avaliadas (Fig 25). A análise estatística foi realizada com o programa SPSS para Windows 93, versão 6.0, para que a análise de variância (Anova) fosse feita. O teste de distribuição de normalidade e homogeneidade de Kolmogorov–Smirnov foi aplicado. Os três parâmetros (indicadores) de resistência F₁, F₂ e F₃ mostraram-se homogêneos. Para a análise entre as várias técnicas de sutura, grupo de suturas e deformidades, o teste de Scheffé foi escolhido, com nível de 5% de significância.

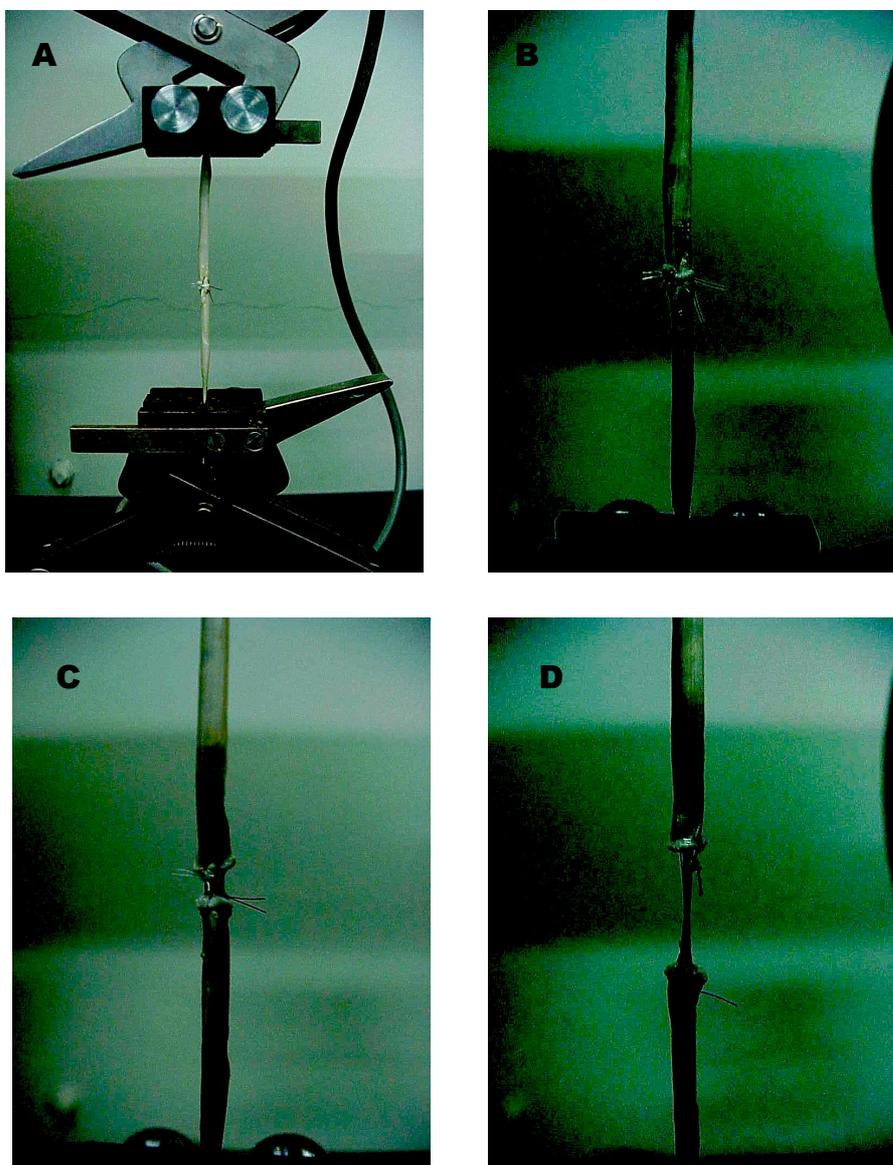


Fig. 25. Deformações (distâncias) em milímetros entre os cotos tendíneos: a) Colocação do tendão antes da distração, b) Início da separação (F1) c) Separação de 3mm (F2), d) Ruptura (F3).

2.4. Definição de Termos

Tendão flexor: feixe de fibras em que terminam os músculos e que se inserem nos ossos. O tendão é um componente intermediário entre o músculo e o osso; é um tirante responsável pela execução do trabalho, tendo por finalidade propiciar a tração do esqueleto e provocar, com isso, movimento articular. Funciona como um pistão, para o qual o importante é deslizar com o mínimo atrito possível (Sobania e Santos, 2000).

Sutura de tendão: ou costura, reunião, por meio de fios, das partes divididas em tendões rompidos, também chamada de tenorrafia (Leddy, 1993).

Lesão: (injúria, ruptura, ferir, *laedere*): alteração apreciável consoante em nossos meios de observação, que surge nos caracteres anatômicos e histológicos de um órgão, sob influência de uma causa mórbida (Garnier e Delamare, 1984).

Mobilidade ativa do tendão flexor da mão: ato ou ação intrínseca do movimento de flexão do tendão flexor (Leddy, 1993).

Mobilidade passiva do tendão flexor da mão: ato ou ação extrínseca do movimento de flexão do tendão flexor, proporcionado pelo próprio paciente com o uso de outra mão ou pelo uso de uma tala dinâmica (Leddy, 1993).

Força de tração (força tênsil, resistência): um corpo sob ação de duas forças opostas de igual intensidade que o puxam e o mantêm em repouso. Dependendo da natureza do corpo e da intensidade dessas forças, o corpo pode sofrer deformações ou ruptura (Okuno, Caldas e Chow, 1982).

Nanômetro (nm): unidade de medida do microscópio óptico e de luz. Exemplo: 1nm é igual a 0,000000001 (10⁻⁹), (Snell, 1985).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A existência de vários tipos de sutura em tendões leva a uma incompatibilidade das diferentes técnicas, visto que se torna difícil diferenciar uma sutura de maior resistência e que permita um adequado deslizamento, para que se possam iniciar os movimentos ativos dos tendões flexores da mão sem que haja a ruptura. Isso porque, no Brasil e no mundo, ainda há um consenso geral de que se devam iniciar os movimentos passivos no pós-operatório imediato até a terceira e ou quarta semana e, após, os ativos.

Os resultados na cirurgia de tendões flexores têm melhorado com o uso de protocolos com a mobilização passiva imediata no pós-operatório, os quais foram fundamentais na década de 60,70 e 80; contudo, os resultados não são perfeitos. Muitos autores, como Winters et al. (1998), Gill et al. (1999), McLarney et al. (1999) e Sanders et al. (1997), têm notado que as excursões dos tendões flexoras superficiais e profundas são limitadas durante a mobilização passiva. Portanto, exercícios de mobilização ativa vêm sendo necessários para a obtenção de melhores resultados. Para tal, a sutura em tendões rompidos deve ser atraumática, resistente, deslizante, não estrangulante e de fácil aplicabilidade pelo cirurgião, permitindo, por conseguinte, mobilidade ativa precoce.

Uma das maiores dificuldades para a análise biomecânica das diferentes técnicas de sutura é a diversidade de protocolos e espécimes (cães, coelhos, porcos,..) utilizados como modelos para testar as resistências das suturas. Da mesma forma, há diversidade do material de sutura aplicado, como náilon, mersilene, ethibond, dacron e o aço.

O objetivo deste trabalho foi verificar quais das onze diferentes técnicas de sutura mais usadas no mundo, associadas a duas novas desenvolvidas pelo autor (Brasil-1 e Brasil-2), totalizando treze técnicas, oferecem maior resistência de forma a permitir um movimento ativo pós-cirúrgico imediato em tendões flexores da mão sem que haja ruptura.

Os dados brutos das resistências, parâmetros ou indicadores - F_1 (início da separação), F_2 (separação de 3mm) e F_3 (ruptura completa da sutura) - estão relacionados na tabela do Anexo 1. Para melhor compreensão dos resultados, os parâmetros F_1 , F_2 e F_3 foram divididos em grupos de maior, intermediário e menor resistência, representados em

gráficos, e, logo a seguir, uma análise quantitativa e qualitativa foi feita. Lembra-se que a ruptura só ocorreu onde à sutura foi aplicada.

No parâmetro F_1 , início da separação, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência maior, foi: Pittsburgh (8-passadas, 26,73N), Cruciate (4-passadas, 20,41N), Savage (6-passadas, 17,76N) e Yoshizu (6-passadas, 16,35N) (Gráfico 2).

No parâmetro F_1 , início da separação, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência intermediária, verificou-se: Kessler duplo (4-passadas, 13,8N), Brasil-2 (4-passadas, 12,1N), Indiana (4-passadas, 11,75N), Kessler com sutura contínua no epitendão (4-passadas, 11,5N) e Kleinert modificado por Bunnell (2-passadas, 10,41N) (Gráfico 2).

No parâmetro F_1 , início da separação, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência menor, observou-se: Kessler com sutura de Halsted no epitendão (2-passadas, 9,51N), Tsai (6-passada, 9,3N), Brasil-1 (4-passadas, 8,7N) e Tsuge (2-passadas, 7,98N) (Gráfico 2).

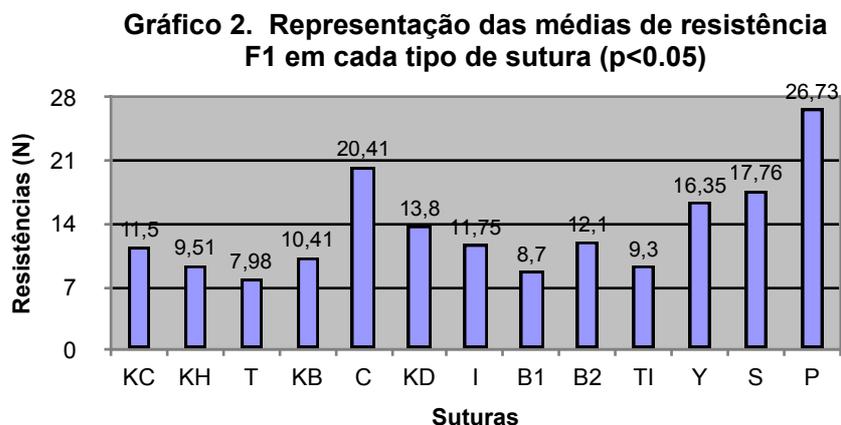


Gráfico 2. KC (Kessler, sutura contínua no epitendão), KH (Kessler, sutura de Halsted no epitendão), T (Tsuge), KB (Kleinert modificado de Bunnell), C (Cruciate), KD (Kessler duplo), I (Indiana), B1 (Brasil-1), B2 (Brasil-2), TI (Tsai), Y (Yoshizu), S (Savage) e P (Pittsburgh). F_1 (início da separação).

Em F_1 , ou seja, início da separação, não houve diferença significativa na estatística entre suturas Pittsburgh (8-passadas, 26,73N), Cruciate (4-passadas, 20,41N), Savage (6-passada, 17,76N), Yoshizu (6-passadas, 16,35N), Kessler duplo (4-passadas, 13,8N) e Brasil-2 (4-passadas, 12,11N). O coeficiente de variação foi de 39,64%.

No parâmetro F_2 , separação de 3mm, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência maior, verificou-se: Pittsburgh (8-passadas, 38,91N), Savage (6-passadas, 35,15N), Cruciate (4-passadas, 28,7N) e Kessler duplo (4-passadas, 24,98N) (Gráfico 3).

No parâmetro F_2 , separação de 3mm, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência intermediária, constatou-se: Brasil-2 (4-passadas, 22,8N), Yoshizu (6-passadas, 20,71N), Brasil-1 (4-passadas, 17,91N), Kessler com sutura contínua no epitendão (2-passadas, 17,68N) e Indiana (4-passadas, 17,05N) (Gráfico 3).

No parâmetro F_2 , separação de 3mm, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência menor, observou-se: Kleinert modificado de Bunnell (2-passadas, 17N), Tsai (6-passadas, 16,65N), Tsuge (2-passadas, 15,51N) e Kessler com sutura de Halsted no epitendão (2-passadas, 13,66N) (Gráfico 3).

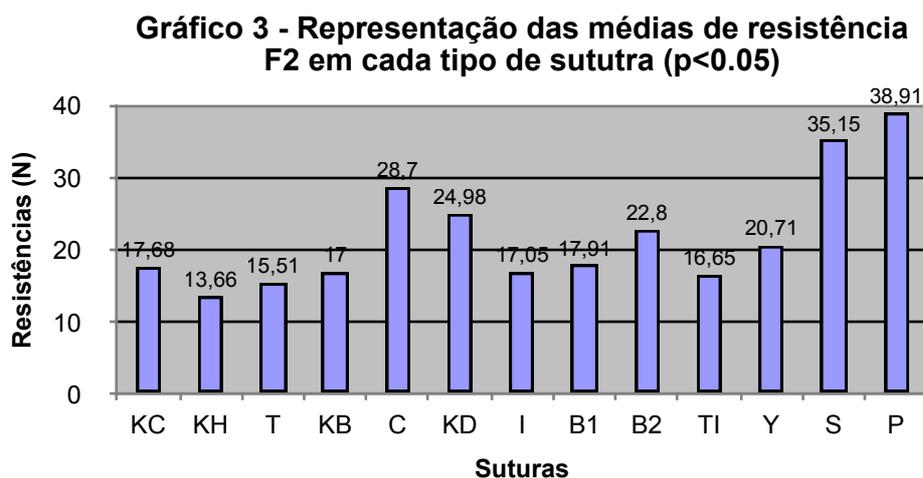


Gráfico 3. KC (Kessler, sutura contínua no epitendão), KH (Kessler, sutura de Halsted no epitendão), T (Tsuge), KB (Kleinert modificado de Bunnell), C (Cruciate), KD (Kessler duplo), I (Indiana), B1 (Brasil-1), B2 (Brasil-2), TI (Tsai), Y (Yoshizu), S (Savage) e P (Pittsburgh). F_2 (separação de 3mm).

Em F_2 , ou seja, separação de 3mm, não houve diferença estatística significativa entre as suturas Pittsburgh (8-passadas, 38,91N), Savage (6-passadas, 35,15N), Cruciate (4-passadas, 28,7N), Kessler duplo (4-passadas, 24,98N), Brasil-2 (4-passadas, 22,8N), Yoshizu (6-passadas, 20,71N), Brasil-1 (4-passadas, 17,91N), Kessler com sutura contínua no epitendão (2-passadas, 17,68N), Indiana (4-passadas, 17,05N), Kleinert modificado de

Bunnell (2-passadas, 17N) e Tsai (6-passadas, 16,65N). O coeficiente de variação foi de 38,28%.

No parâmetro F_3 , ruptura completa, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência maior, verificou-se: Pittsburgh (8-passadas, 54,26N), Savage (6-passadas, 50,03N), Kessler duplo (4-passadas, 38,3N) e Brasil-1(4-passadas, 35,51N) (Gráfico 4).

No parâmetro F_3 , ruptura completa, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência intermediária, observou-se: Cruciate (4-passadas, 32,72N), Tsai (6-passadas, 32,31N), Brasil-2 (4-passadas, 28,81N), Yoshizu (6-passadas, 26,86N) e Indiana (4-passadas, 23,98N) (Gráfico 4).

No parâmetro F_3 , ruptura completa, em relação aos tipos de sutura que tiveram resistência menor, constatou-se: Kleinert modificado de Bunnell (2-passadas, 22,45N), Kessler com sutura contínua no epitendão (2-passadas, 22,44N), Tsuge (2-passadas, 20,84N) e Kessler com sutura de Haslted no epitendão (2-passadas, 19,81N) (Gráfico 4).

Gráfico 4. Representação das médias de resistência F_3 em cada tipo de sutura ($p < 0.05$)

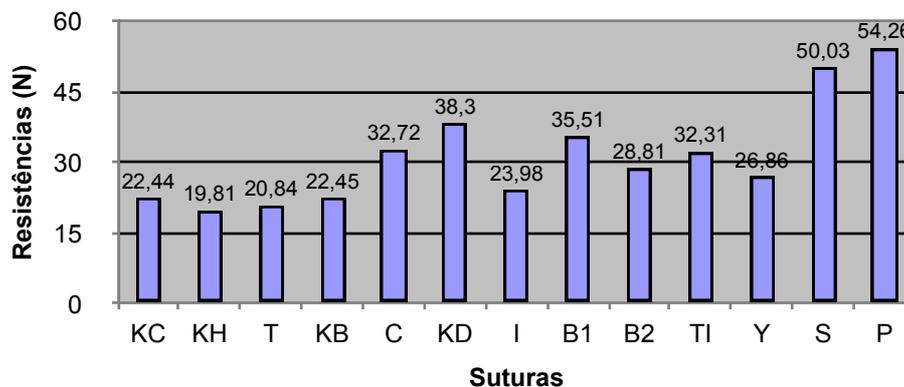


Gráfico 4. KC (Kessler, sutura contínua no epitendão), KH (Kessler, sutura de Halsted no epitendão), T (Tsuge), KB (Kleinert modificado de Bunnell), C (Cruciate), KD (Kessler duplo), I (Indiana), B1 (Brasil-1), B2 (Brasil-2), TI (Tsai), Y (Yoshizu), S (Savage) e P (Pittsburgh). F_3 (ruptura completa).

Em F_3 , ou seja, ruptura completa, não houve diferença estatística significativa entre as suturas: Pittsburgh (8-passadas, 54,26N), Savage (6-passadas, 50,03N), Kessler duplo (4-passadas, 38,3N), Brasil-1 (4-passadas, 35,51N), Cruciate (4-passadas, 32,72N),

Tsai (6-passadas, 32,31N) e Yoshizu (6-passadas, 26,86N). O coeficiente de variação foi de 30,23% (Gráfico 2).

No parâmetro F_3 , ruptura completa da sutura, em relação às técnicas de suturas que demonstraram maior resistência à deformidade (distância final entre os cotos tendíneos), obteve-se: Pittsburgh (8-passadas, 54,26N/12,13mm), Savage (6-passadas, 50,03/13,47mm), Kessler duplo (4-passadas, 38,3N/13,38mm) e Brasil-1 (4-passadas, 35,51N/13,53mm) (Gráfico 5).

No parâmetro F_3 , ruptura completa da sutura, em relação às técnicas de suturas que demonstraram resistência intermediária à deformidade (distância final entre os cotos tendíneos), verificou-se: Cruciate (4-passadas, 32,72N/12,08mm), Tsai (6-passadas, 32,31/14,58mm), Brasil-2 (4-passadas, 28,81/11,1mm), Yoshizu (6-passadas, 26,86N/12,35mm) e Indiana (4-passadas, 23,98N/10,88mm) (Gráfico 5).

No parâmetro F_3 , ruptura completa da sutura, em relação às técnicas de suturas que demonstraram resistência menor à deformidade (distância final entre os cotos tendíneos), constatou-se: Kleinert modificado de Bunnell (2-passadas, 22,45N/12,07mm), Kessler com sutura contínua no epitendão (2-passadas, 22,44N/13,45mm), Tsuge (2-passadas, 20,84N/14,21mm) e Kessler com sutura de Haslsted no epitendão (2-passadas, 19,81N/13,67mm) (Gráfico 5).

Gráfico 5. Representação das deformidades (distâncias) em relação as médias de resistência F_3 (ruptura da sutura)

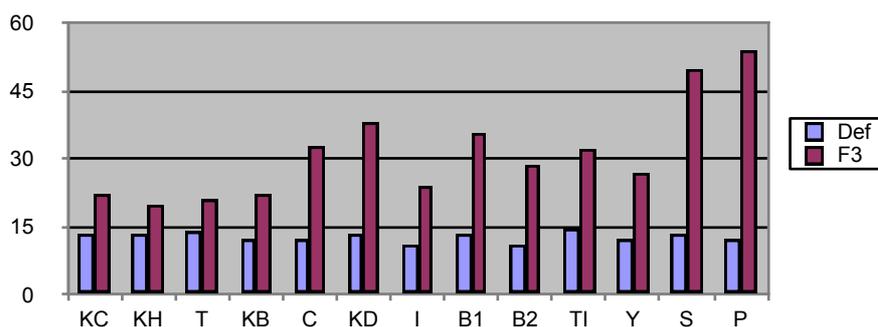


Gráfico 5. KC (Kessler, sutura contínua no epitendão), KH (Kessler, sutura de Halsted no epitendão), T (Tsuge), KB (Kleinert modificado de Bunnell), C (Cruciate), KD (Kessler duplo), I (Indiana), B1 (Brasil-1), B2 (Brasil-2), TI (Tsai), Y (Yoshizu), S (Savage) e P (Pittsburgh). F_3 (ruptura completa da sutura).

Na variável deformidade (distância entre os cotos de sutura na ruptura), a média das mesmas em relação aos tipos de sutura não se mostrou significativa estatisticamente ($p>0.05$), ou seja, embora uma sutura seja a mais resistente à ruptura, não quer dizer que a distância tenha de ser menor; portanto, uma sutura que apresente menor resistência poderá apresentar uma distância menor entre os cotos em F₁ ou F₂ ou F₃, e vice-versa, com uma sutura de maior resistência (Gráfico 6).

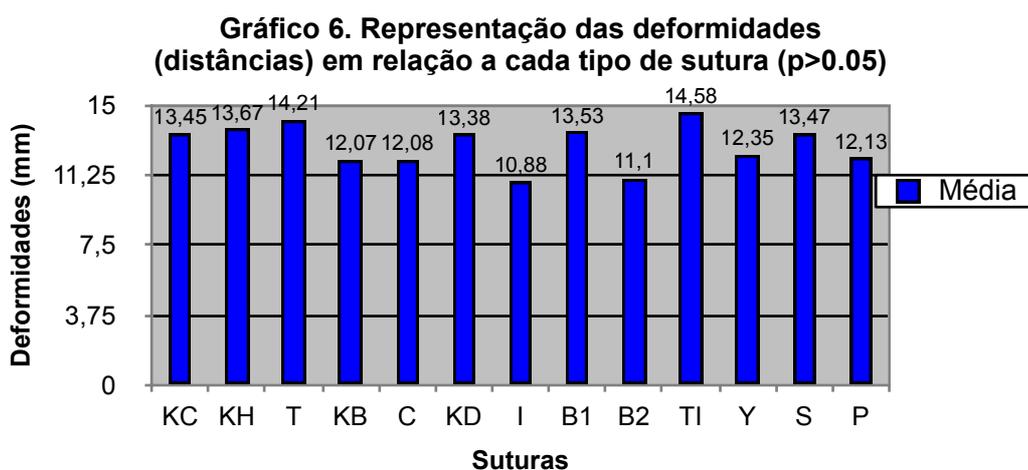


Gráfico 6. KC (Kessler, sutura contínua no epitendão), KH (Kessler, sutura de Halsted no epitendão), T (Tsuge), KB (Kleinert modificado de Bunnell), C (Cruciate), KD (Kessler duplo), I (Indiana), B1 (Brasil-1), B2 (Brasil-2), TI (Tsai), Y (Yoshizu), S (Savage) e P (Pittsburgh). Média de deformidade que os tendões levaram até a ruptura completa.

Na análise de variância entre cada grupo de técnica de sutura entre si, ou seja, no grupo 2-passadas (*strand*), não houve diferença significativa; no grupo 4-passadas (*strand*) não houve diferença significativa e, no grupo 6-passadas (*strand*), não houve diferença significativa estatisticamente.

No Gráfico 7, há uma representação global das diferentes resistências (F₁, F₂ e F₃) em cada tipo de sutura, comparadas com o grupo de controle (média de resistência nos tendões que se romperam naturalmente sem sutura, 76,81N).

Gráfico 7. Representação das diferentes médias de resistência F1, F2 e F3 em cada tipo de sutura ($p < 0.05$)

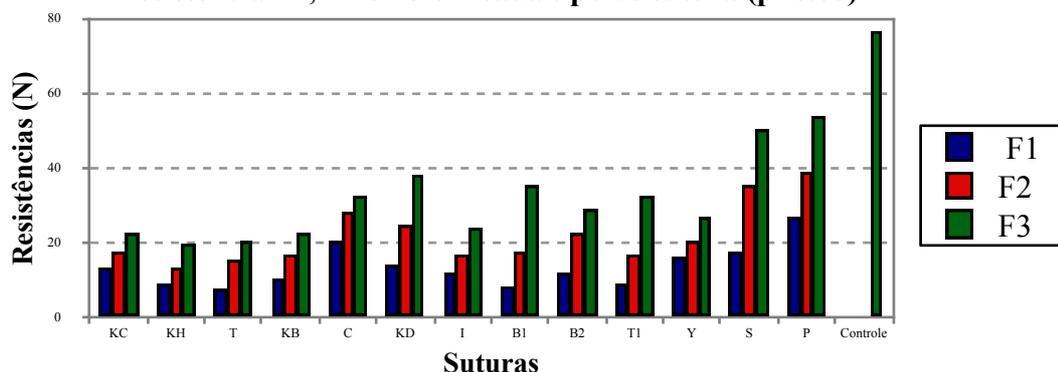


Gráfico 7. KC (Kessler, sutura contínua no epitendão), KH (Kessler, sutura de Halsted no epitendão), T (Tsuge), KB (Kleinert modificado de Bunnell), C (Cruciate), KD (Kessler duplo), I (Indiana), B1 (Brasil-1), B2 (Brasil-2), T1 (Tsai), Y (Yoshizu), S (Savage) e P (Pittsburgh). F₁ (início da separação), F₂ (separação de 3mm) e F₃ (ruptura completa). Controle (média de resistência nos tendões que romperam naturalmente sem sutura, 76,81N).

No trabalho de Zatiti et al.(1998), um estudo experimental comparativo da resistência – tração de seis técnicas de sutura tendinosa foi realizado: Kessler associada à sutura epitendínea contínua simples (2-passadas), Kessler associada à sutura epitendínea do tipo Halsted (2-passadas), Savage (6-passadas), *interlocking* (4-passadas), epitendínea do tipo *cross-stich* (sutura ao rebordo do tendão) e epitendínea simples. Essas técnicas foram analisadas em uma máquina de força tênsil universal, sendo utilizados sessentas tendões flexores profundos de porcos. Três eventos foram registrados durante a aplicação da carga: início da separação entre os cotos dos tendões, separação de 3mm e a força da ruptura. A mais resistente ao início da separação foi a de Kessler associada à sutura epitendínea do tipo Halsted com 44N (Newtons), seguida pela Savage com 35N. A de maior resistência à separação de 3mm e à ruptura foi a técnica de Savage com 50,22N e 67,16N, respectivamente, seguida pela sutura de Kessler associada à sutura epitendínea de Halsted, respectivamente, com 57,78N e 48,04N. Os autores concluíram que a técnica mais eficiente foi a de Kessler associada à epitendínea de Halsted, considerando, inclusive, sua maior facilidade de aplicação. A técnica de *interlocking*, a despeito do aumento de material

de sutura e de número de passadas do fio pela lesão, teve desempenho sofrível, até mesmo inferior ao da técnica epitendínea *cross-stich*. Portanto, a sutura de Savage é mais resistente, mas exige maior gasto de material e melhor habilidade por parte do cirurgião, o que vem a reforçar o presente trabalho.

Segundo McLarney et al. (1999) realizaram uma análise biomecânica do reparo tendíneo com técnica de sutura Cruciate (4-passadas), comparada com outras três técnicas de reparo: Kessler (2-passadas), Strickland (Indiana, 4-passadas) e Savage modificado (4-passadas). Quarenta tendões flexores de cadáveres humanos foram utilizados para aplicação das quatro técnicas; cada sutura foi testada usando-se uma máquina de velocidade lenta, controlada 2 mm/s. A técnica de sutura Cruciate provou ser duas vezes mais resistente para uma separação entre os cotos de sutura de 2 mm, totalizando 44N quando comparada com Kessler, Strickland e Savage. A última força de tensão aplicada para que provocasse a ruptura também provou que a técnica de sutura Cruciate (56N) é mais forte que as demais. Essa afirmação não condiz com o observado no presente estudo, que mostra não haver uma diferença estatística significativa tanto na resistência F_1 , F_2 ou F_3 no grupo de sutura 4-passadas ($p < 0.05$); caso McLarney utilizasse a técnica de Savage original (6-passadas), a sutura de maior resistência seria a de Savage e não a de Cruciate.

Em estudo experimental comparativo das técnicas de Kessler e Tsuge (2-passadas) para sutura tendinosa, Defino et al. (1985) utilizaram tendões flexores profundos na zona da pata dianteira de 101 cães. A máquina utilizada para testar as duas diferentes técnicas foi o aparelho de tração chamado Canto. Através do acoplamento do aparelho a um polígrafo, foi possível obter não só o valor final da força de ruptura, mas também a curva de deformação do conjunto tendão-sutura; assim, em cada tendão era obtido um traçado desde o início da aplicação da força até a ruptura. As forças foram expressas em Newtons. Os resultados mostraram que não existem diferenças importantes na qualidade de tensão tendinosa propiciada por uma ou outra técnica, o que mostra semelhança com este trabalho, no qual não se observou diferença estatística significativa entre essas duas técnicas de sutura ($p < 0.05$).

Gill et al. (1999), em uma análise biomecânica, compararam a técnica de Tsai (6-passadas) com outras três técnicas de suturas realizadas em quarenta tendões flexores de cadáveres frescos. Este estudo foi dividido em quatro grupos de dez tendões; cada grupo

de tendão flexor foi separado com uma técnica específica: Kessler modificado (2-passadas) Tsuge (2-passadas), Tsuge modificado (4-passadas) e Tsai (6-passadas). Cada técnica foi registrada por um computador usando um transdutor (Micro-Strain, Burlington, VT). Diferenças do afastamento dos cotos em 1mm, 2mm e até a carga máxima para ruptura foram registradas em um videoteipe. A técnica de sutura Tsai (6-passadas) demonstrou ser a mais resistente quando comparada às outras suturas. Isso se confirmou com o presente trabalho, onde não houve diferença estatística significativa ($p < 0.05$) no parâmetro F₃ (ruptura completa), embora não se tenha realizado a técnica de Tsuge modificado (4-passadas), e, sim, a original (2-passadas).

No estudo de Shaieb e Singer (1997), forças de tensão nas técnicas de sutura Kessler modificado (2-passadas), Kessler duplo (4-passadas), Savage (6-passadas) e Indiana (4-passadas) foram avaliadas, utilizando-se tendões de Aquiles de vinte e oito coelhos da raça Nova Zelândia. A comparação foi um estudo biomecânico *in vitro* com forças que provocaram separação dos cotos suturados em 2 mm até a força que ocasionou a ruptura. Os tendões foram testados em uma máquina hidráulica. A sutura mais resistente, Savage, mostrou-se tecnicamente mais difícil, consumiu mais tempo cirúrgico e é espessa. Para estes autores, a sutura ideal deverá ser mais simples, resistente e que permita uma ação ativa precoce, evitando constrição de vasos, prevenindo aderências e sendo menos espessa. Baseados nisso, consideraram a técnica de sutura Kessler duplo (4-passadas) mais eficiente, embora seja mais fraca quando comparada com a Savage (6-passadas). Na análise quantitativa, no presente trabalho, não houve diferença estatística significativa ($p < 0.05$) entre a técnica de Tsai (6-passadas) e as técnicas de 4-passadas (Cuiciate, Kessler duplo, Brasil-2, Brasil-1 e Indiana), tanto no parâmetro de resistência F₂ (separação de 3 mm) como no F₃ (ruptura completada sutura). Mas, qualitativamente, em F₃, as técnicas de 4-passadas (Kessler duplo, 38,3N; Brasil-1, 35,51N; Cruciate, 32,72N) foram mais resistentes que a técnica de Tsai (6-passadas, 32,31N) e Yoshizu (6-passadas, 26,86N), perdendo para a técnica de Savage (6-passadas, 50,03N). Isso se deve, talvez, porque às técnicas de sutura que utilizaram 4-passadas, nas quais o fio passa transversalmente pelos cotos tendíneos, dando maior resistência; ainda, não há muita passadas no tendão, ou seja, quanto mais passadas realizadas, mais material de sutura existe em relação às fibras colágenas tendíneas, diminuindo a resistência elástica do tendão. Certamente, há as

exceções, como a técnica de Savage, que foi uma das mais resistentes (50,03N), perdendo somente para a técnica de Pittsburgh (8-passadas, 54,26N), mas, tecnicamente, são as mais difíceis e consomem um maior tempo para serem realizadas.

Coincide este trabalho também com outro estudo biomecânico que utilizou as técnicas de Kessler (2-passadas), Indiana (4-passadas) e Savage (6-passadas) na zona dois dos tendões flexores de doze mãos de cadáveres, realizado por Thurman et al. (1998). Os testes foram efetuados em um equipamento de tração com regulagem cíclica. Registros nas separações dos cotos, da máxima força até a ruptura, foram contabilizados. O reparo com a sutura de Savage (6-passadas), a mais resistente, mostrou uma distância menor entre os cotos reparados de 0,31mm e uma força até a ruptura de 78,7N, quando comparada com as demais técnicas de suturas,

De acordo com o estudo biomecânico *in vitro* desenvolvido por Sanders et al. (1997), utilizando as técnicas de suturas Tajima (2-passadas), Halsted (2-passadas), Savage (6-passadas) e Silfverskiold (2-passadas) em cadáveres frescos, com um controlador de pressão computadorizado que controlava a força de tensão em ciclos, começando com 25N, ficou demonstrado que a técnica de Savage, a mais resistente, permite mobilidade precoce ativa sem que haja ruptura, confirmada biomecanicamente com o presente estudo, no qual a técnica de Savage foi a mais resistente (50,03N) quando comparada às técnicas de duas passadas.

Dados fornecidos por Winters et al. (1998) mostraram efeitos de várias técnicas de sutura intra-sinovial em tendões flexores de vinte e quatro cachorros adultos pesando entre 20 e 30 kg, em um estudo biomecânico *in vivo*, que comparou as seguintes diferentes técnicas: Kessler (2-passadas), Tajima (2-passadas), Savage (6- passadas) e Pittsburgh (8-passadas). Foram testadas em um aparelho com um transdutor linear de aplicação com carga 1,5N a cada rotação. Concluíram que a sutura de Pittsburgh (8- passadas) é a mais resistente até a ruptura com 52,6N, quando comparada com as outras técnicas.

Qualitativamente, convém destacar as dificuldades técnicas que alguns tipos de sutura podem apresentar, como 6- passadas (Yoshizu, Savage, Tsai) e 8- passadas (Pittsburgh). O tempo cirúrgico para a realização dessas técnicas é maior, sobretudo quando se tem lesão em mais de um tendão flexor. Da mesma forma, quanto mais forem as passadas (passadas), maior será o gasto de material, e, finalmente, mais volumoso ficará o

tendão, podendo, ainda, lesar estruturas microvasculares; com isso, pode-se dificultar a cicatrização e aderências podem ocorrer, embora se possam realizar exercícios ativos dos dedos. Isso é reforçado com os estudos de Dalapria et al. (1991), Armenta et al. (1980 e 1984), Azar et al. (1983), Ochiai et al. (1979), Young et al. (1970), Lundborg et al. (1977), Mansk et al. (1984), Takai et al. (1991) e Gelberman et al. (1981), os quais concluíram que a vascularização dos tendões flexores, tanto intrínseca (vínculas e vasos internos do tendão) quanto extrínseca (bainha sinovial, líquido sinovial e vasos do perióstio), é importante para cicatrização e para evitar aderências.

Dessa maneira, há de se pensar que técnicas de suturas mais simples, como as de duas passadas (Tsuge, Kleinert, Kessler com sutura contínua ou de Haslsted no epitendão), levam vantagens no tempo cirúrgico por serem práticas de realizar, menos traumáticas e estrangulantes e econômicas no material, o que permite a preservação vascular, propiciando uma boa cicatrização. Porém, há um risco de maior ruptura em movimento ativo precoce (flexão e extensão ativa), por não serem técnicas de maior resistência. Isso é confirmado pelo presente trabalho e por Harris et al. (1999), que estudaram 508 pacientes com 840 tendões flexores reparados com a técnica de Kessler (2-passadas) associada à sutura epitendínea contínua simples, mostrando uma taxa de ruptura de 9% na mobilização ativa precoce dos tendões. Num outro trabalho, realizado por Sirotakova e Elliot (1999), foram constatados 50% de rupturas em 148 tendões flexor longo do polegar (118 pacientes), tratados com a técnica de Kessler (2-passadas) associada à sutura epitendínea contínua simples, os quais iniciaram movimento ativo precoce. Em contrapartida, Fernandes et al. (1996), avaliando os resultados de 50 dedos das mãos de 29 pacientes submetidos a tenorrafia com Kessler (2-passadas) com sutura epitendínea simples, não obtiveram nenhum caso de ruptura no local da sutura ou qualquer complicação com o método na mobilidade passiva precoce assistida.

Autores como Mattar et al. (1997), Winters et al. (1998), Sanders et al. (1997), Shaieb e Singer (1997), Thurman et al. (1998), Gill et al. (1999), McLarney et al. (1999) e Zatiti et al. (1998) concordam que as suturas que levam quatro, seis e oito passadas (*strands*) apresentam uma maior resistência não somente no afastamento dos cotos tendíneos suturados em dois ou três milímetros, como também uma maior

resistência à ruptura, quando comparadas com técnicas que utilizam duas passadas (*strands*), ou as que realizam apenas sutura epitendínea simples.

4. CONCLUSÃO

1. As diferentes técnicas de sutura testadas apresentaram comportamentos diferentes nos parâmetros de resistência F_1 (início da separação), F_2 (separação até 3mm) e F_3 (ruptura completa da sutura).
2. Quanto mais passadas (*strand*) e nó ou nós, mais resistente é a sutura, como ficou demonstrado nos parâmetros F_1 , F_2 e, principalmente, F_3 .
3. Embora haja diferença no índice de resistência (força/deformidade) entre as diferentes técnicas de sutura até a ruptura, as deformidades (distância entre os cotos tendíneos) não foram estatisticamente significativas ($p>0.05$).
4. Na análise de variância entre as suturas de cada grupo, ou seja, no grupo 2-passadas (*strand*), no grupo 4-passadas (*strand*) e no grupo 6-passadas (*strand*), não houve diferença significativa estatisticamente ($p<0.05$).
5. As técnicas de sutura de Pittsburgh (8-passadas, 54,26N) e Savage (6-passadas, 50,03N) foram as mais resistentes, coincidindo com a literatura.
6. Não há diferença estatística significativa no parâmetro F_3 (ruptura da sutura) entre as suturas Pittsburgh (8-passadas, 54,26N), Savage (6-passadas, 50,03N), Kessler duplo (4-passadas, 38,3N), Brasil-1 (4-passadas, 35,51N), Cruciate (4-passadas, 32,72N), Tsai (6-passadas, 32,31N) e Yoshizu (6-passadas, 26,86N). O coeficiente de variação foi de 30,23% ($p<0.05$).
7. Dessa forma, dentro da revisão literária e dos achados neste trabalho, pode-se afirmar que a técnica de sutura adequada é dotada de características como: força de resistência que permita mobilidade ativa precoce sem que haja ruptura, preservação das estruturas anatomovasculares, menor gasto de material, fácil aplicabilidade técnica e menor tempo cirúrgico para executá-la. Assim, as técnicas de 4-passadas (*strand*): Kessler duplo (38,3N), Brasil-1 (35,51N), Cruciate (32,72N), Brasil-2 (28,81N) e Indiana (23,96N) demonstram ser suturas disponíveis no arsenal de reparos em tendões flexores, as quais não formam um tendão volumoso, permitindo um adequado deslizamento, uma boa cicatrização e possibilitando um trabalho tendíneo com força de resistência que permita a mobilidade não só passiva, mas também ativa precoce.

5. REFERÊNCIAS

AOKI, M.; KUBOTA, H.; PRUITT, D. et al. Biomechanical and histologic characteristics of canine flexor tendon repair using early postoperative mobilization. *J Hand Surg.*, n. 22A, p. 107-114, 1997.

ARMENTA, E.; FISCHER, J. Anatomy of flexor pollicis longus vinculum system. *J Hand Surg.*, n. 9A, p. 210-212, 1984.

ARMENTA, E.; LEHRMAN, A. The vincula to the flexor tendons of the hand. *J Hand Surg.*, n. 5, p. 127-134, 1980.

AZAR, C. A.; CUVER, J.E.; FLEEGLER, E.J. Blood supply of the flexor pollicis longus tendon. *J Hand Surg.*, n. 8, p. 471-475, 1983.

BEJJANI, F. J.; LANDSMEER, J. M. F. Biomechanics of the hand. *Biomechanics of the muscle skeletal system: Nordin M & Frankel V. P.* London: Lea & Febiger, 1989.

BOYES, J.H. Incisions in the hand. *Am J Orthop.*, n. 4, p. 308, 1962.

BRUNELLI, G.; VIGASIO, A.; BRUNELLI, F. Slip knot flexor tendon suture in zone II allowing immediate mobilization. *Hand*, n. 15:, p. 352-358, 1983.

BRUNER, J.M. Zig-zag volar-digital incision for flexor tendon surgery. *Plast Reconstr Surg.*, n. 40, p. 571-574, 1967.

BUNNELL, S. Primary repair of several tendons. The use of stainless steel wire. *Am J Surg*, n. 47, p. 502, 1940.

BUNNELL, S. The early treatment of hand injuries. *J Bone Joint Surg.*, n. 33A, p. 807-811, 1951.

CANNON, N. M.; STRICKLAND, J. W. Therapy following flexor tendons surgery. *Hand Clin.*, n. 1(1), p. 147-167, 1985.

CULLEN, K. W.; TOLHURST, P.; LANG, D. et al. Flexor tendon repair in zone II followed by controlled active mobilization. *J Hand Surg.*, n. 14B, p. 392-395, 1989.

DALAPRIA, R.; RIBAK, S.; BATISTA, A. D. et al. Vascularização dos tendões flexores dos dedos da mão: estudo experimental em cadáveres. *Rev Bras Ortop.*, v. 26, n. 4, p. 115-118, abr. 1991.

DEFINO, H. L. A.; BARBIERI, C. H.; GONÇALVES, R. P. et al. Estudo experimental comparativo das técnicas de Kessler e Tsuge para sutura tendinosa. *Rev Bras Ortop.*, v. 20, n. 5, p. 211-218, set. 1985.

DEFINO, H. L. A.; BARBIERI, C. H.; VELLUDO, M. A. S. L. Estudo experimental da reconstrução das polias anulares. *Rev Bras Ortop.*, v. 25, n. 11-12, p. 399-405, nov./dez. 1990.

DOYLE, J.R.; BLYTHE, W. F. Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the thumb. *J Hand Surg.*, n. 2, p.149-151, 1977.

DURAN, R. J.; HOUSER, R. G. Controlled passive motion following flexor tendon repair in zones 2 and 3. In: *AAOS SYMPOSIUM ON TENDON SURGERY IN THE HAND*. CV Mosby, St. Louis, 1975. p. 105-114.

FERNANDES, C. H.; MATSUMOTO, M. H.; SANTOS, J. B. G. et al. Resultados das tenorrafias em flexores dos dedos das mãos, na zona II, submetidos a movimentação precoce passiva assistida. *Rev Bras Ortop.*, v. 31, n. 6, p. 497-501, jun. 1996.

GARNER, W. L.; MCDONALD, J. A.; KUHN, C. et al. Autonomous healing of chicken flexor tendons in vitro. *J Hand Surg.*, n. 13A, p. 697-700, 1988.

GARNIER, M.; DELAMARE, V. *Dicionário de termos técnicos de medicina*. 20. ed. São Paulo: Organização Andrei, 1984.

GELBERMAN, R. H.; AMIEL, D.; GONSALVES, M. et al. The influence of protected passive mobilization on the healing of flexor tendons: a biochemical and microangiographic study. *Hand*, n. 13, p. 120-128, 1981.

GELBERMAN, R. H.; MENON, J.; GONSALVES, M. et al. The effects of mobilization on vascularization of healing flexor tendons in dogs. *Clin Orthop.*, n. 153, p. 283-289, 1980.

GELBERMAN, R. H.; WOO, S. L-Y.; AMIEL, D. et al. Influences of flexor sheath continuity and early motion on tendon healing in dogs. *J Hand Surg.*, n. 15A, p. 69-77, 1990.

GILL, S..R.; LIM, B. H.; SHATFORD, R.A. et al. A comparative analysis of the six-strand double-loop flexor tendon repair and three Other techniques: a human cadaveric study. *J Hand Surg.*, n. 24A, p.1315-1322, 1999.

GREGORY, R.; ZATSIORSKY, V. Variability of total force versus individual finger forces in multifinger tasks. In: THE THIRD AMERICAN CONGRESS ON BIOMECHANICS, Waterloo, Aug. 14th –18th, p. 535-536,1998.

HAGBERG, L.; SELVIK, G. Tendon excursion and dehiscence during early controlled mobilization after flexor tendon repair in Zone II: An x-ray stereophotogrammetric analysis. *J Hand Surg.*, n. 16A, p. 669-680, 1991.

HALIKIS, M. N.; MANSKE, P. R.; KUBOTA, H., et al. Effect of immobilization, immediate mobilization, and delayed mobilization on the resistance to digital flexion using a tendon injury model. *J Hand Surg.*, n. 22A, 3, p. 464-472, 1997.

HARRIS, S. B.; HARRIS, D.; POSTER, A. J. et al. The aetiology of acute rupture of flexor tendon repairs in zones 1 and 2 of the fingers during early mobilization. *J Hand Surg.*, 24 B, 3, p. 275-278, 1999.

KESSLER, I.; NISSIMI, F. Primary repair without immobilization of flexor tendon division within the digital sheath. *Acta Orthop Scand.*, n. 40, p. 587, 1969.

KITSIS, C. K.; WADE, P. J. F.; KRIKLER, S. J., et al. Controlled active motion following primary flexor tendon repair : a prospective study over 9 years. *J Hand Surg.*, n. 23B, 3, p. 344-349, 1998.

KLEINERT, H. E.; BENNETT, J. B. Digital pulley reconstruction employing the always present rim of the previous pulley. *J Hand Surg.*, n. 3, p. 297, 1978.

KLEINERT, H. E.; KUTZ, J. E.; ASHBELL, T. S. et al. Primary repair of lacerated flexor tendon in no man's land (abstract). *J Bone Joint Surg.*, n. 49A, p. 577, 1967.

KUSANO, N.; YOSHIZU, T.; MAKI, Y. Experimental study of two new flexor tendon suture techniques for postoperative early active flexion exercises. *J Hand Surg.*, 24B, n. 2, p.152-156, 1999.

LECH, O.; SEVERO, A. L.; SILVA, L. H. P. et al. Efeito do uso de corticóide em tendões previamente traumatizados. *Rev Bra Ortop.*, vol. 31, n.3, p.187-192, 1996.

LEDDY, J. P. Flexor tendons, acute injuries. *Operative Hand Surgery-Green DP*. New York: Churchill Livingstone. 3rd. ed. 1993. v. 2.

LIM, B. H.; TSAI, T. The six – strand technique for flexor tendon repair. Atlas of The Hand Clinics, v. 1, n. 1, Sept. 1996.

LI, Z. M.; LATASH, M. L.; ZATSIORSKY, V. M. The contribution of flexor muscles to the finger joint moments in isometric tasks. In: THE NORTH AMERICAN CONGRESS ON BIOMECHANIS. Waterloo, p. 545-546, 1998.

LUNDBORG, G.; MYTHAGE, R.; RYDEVIK, B. The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheath region structural and functional aspects. J Hand Surg., n. 2, p.417-427,1977.

MATTAR, R. J.; AZZE, R.; OKANE, S.Y. et al. Reconstrução dos tendões flexores com o método de Indiana. Rev Bras Ortop., v. 32, n. 4, p. 310-314, Abr. 1997.

MCLARNEY, E.; HOFFMAN, H.; WOLFE, S. W. Biomechanical analysis of the cruciate four – strand flexor tendon repair. J Hand Surg., n. 24A, 2, p. 295-301, 1999.

MACMILLAN, M.; SHEPPARD, J. E.; DELL, P. C. An experimental flexor tendon repair in Zone II that allows immediate postoperative mobilization J Hand Surg., n. 12A, p. 582-589, 1987.

MANSKE, P. R.; GELBERMAN, R. H.; VANDE, J. S. Et al. Intrinsic flexor tendon repair: a morphological study in vitro. J Bone Joint Surg., n. 66A, p.385-396, 1984.

MASS, D.P.; TUEL, R. Human flexor tendon participation in the in vitro repair process. J Hand Surg., n. 14A, p. 64-71, 1989.

MASS, D. P.; TUEL, R. J. Intrinsic healing of the laceration site in human superficialis flexor tendons in vitro. J Hand Surg., n. 16A, p. 24-30, 1991.

NUNLEY, J. A.; ROWAN, P. R. Delayed rupture of the flexor pollicis longus tendon after inappropriate placement of the π plate on the volar surface of the distal radius. J Hand Surg., n. 24A, p. 1279-1280, 1999.

NAGERL, H.; KUBEIN-MEESENBURG, D.; FANGHANEL, J. Morphology and mechanics of the human finger. THE THIRD AMERICAN CONGRESS ON BIOMECHANICS. Waterloo, p. 553-554, 1998.

OCHIAI, N.; MATSUI, T.; MIYAJI, N. Vascular anatomy of flexor tendons I. Vincular system and blood supply of the digital sheath. J Hand Surg., n. 4, p. 321-330, 1979.

O'HARA, G.; LECH, O.; SEVERO, A. S. Innovative trends in flexor tendon repair using the first annular pulley as a graft for pulley reconstruction. *Current Opinion in Orthopedics*. v. 9, p. 6-10, 1998.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Harbra, 1982.

PEACOCK, E. E. Jr. A study of the circulation in normal tendons and healing grafts. *Ann Surg.*, n. 149, p. 415, 1959.

PEACOCK, E. E. Jr. Biological principles in the healing of long tendons. *Surg Clin North Am.*, n. 45, p. 461, 1965.

PECK, F. H.; BÜCHER, C. A.; WATSON, J. S. et al. A comparative study of two methods of controlled mobilization of flexor tendon repairs in zone 2. *J Hand Surg.*, n. 23 B, 1, p. 41-45, 1998.

RIAZ, M.; HILL, C.; KHAN, K. et al. Long term outcome of early active mobilization following flexor tendon repair in zone 2. *J Hand Surg.*, n. 24 B, 2, p. 157-160, 1999.

SAITOH, S.; HATA, Y.; MURAKAMI, N. et al. Scaphoid nonunion and flexor pollicis longus tendon rupture. *J Hand Surg.*, n. 24A, 6, p. 1211-1219, 1999.

SANDERS, D.W.; MILNE, A. D.; DOBRAVEC, A. et al. Cyclic testing of flexor tendon repairs: an in vitro biomechanical study. *J Hand Surg.*, 22A, p.1004-1010, 1997.

SHAIEB, M.D.; SINGER, D. I. Tensile strengths of various suture techniques. *J Hand Surg.*, n. 22B, 6, p. 764-767, 1997.

SAVAGE, R. In vitro studies of a new method of flexor tendon repair. *J Hand Surg.*, n. 10B, p.135-141, 1985.

SAVAGE, R.: The influence of wrist position on the minimum force required for active movement of the interphalangeal joints. *J Hand Surg.*, n. 13B, p. 262-268, 1988.

SIROTAKOVA, M.; ELLIOT, D. Early active mobilization of primary repairs of the flexor pollicis longus tendon. *J Hand Surg.*, n. 24 B, 6, p. 647-653, 1999.

SNELL, R. S.. Tecido Conjuntivo. *Histologia Clínica*. Interamericana. Rio de Janeiro. 1ª ed. p. 87-105, 1985.

SOBANIA, L. C.; SANTOS, P. S. Lesão dos flexores. *Traumatismos da mão*-Pardini AG. 3. ed. Medice. 2000.

STRICKLAND, J. W. Flexor tendon repair. *Hand Clin.*, n. 1(1), p. 55-68, 1985.

STRICKLAND, J. W. Biologic rationale, clinical application, and results of early motion following flexor tendon repair. *J Hand Ther.*, n. 2, p. 71-83, 1989.

TAKAI, S.; WOO, S.; TUNG, D. et al. The effects of frequency and duration of controlled passive mobilization on tendon healing. *J Orthop Res.*, n. 9, p. 705-713, 1991.

TAKAHASHI, A.; YOKOI, T.; SHIMIZU, S. et al. Decomposing complex finger motions into elemental motion patterns. In: *THE THIRD NORTH AMERICAN CONGRESS ON BIOMECHANICS*, Waterloo, p. 557-558, 1998.

THURMAN, R. T.; TRUMBLE, T. E.; HANEL, D. P. et al. Two- four-, and six - strand zone II flexor tendon repairs: an in situ biomechanical comparison using a cadaver model. *J Hand Surg.*, n. 23A, p. 261-265, 1998.

TSUGE, K.; IKUTA, Y.; MATSUIISHI, Y. Repair of flexor tendons by intratendinous suture. *J Hand Surg.*, n. 2, p. 436, 1977.

VERDAN, C. E. Primary repair of flexor tendons. *J Bone Joint Surg.*, n. 42 A, p. 647, 1960.

VERDAN, C. E. Half a century of flexor-tendon surgery. Current status and changing philosophies. *J Bone Joint Surg.*, n. 54A, p. 472-491, 1972.

VERDAN, C. E. Reparative surgery of flexor tendons in the digits. In: VERDAN, C. (Ed): *Tendon surgery of the hand*. Churchill Livingstone: Edinburgh, 1979. p. 57-66.

WADA, A., IHARA, F., SENBA, H., NOMURA S.: Attritional flexor tendon ruptures due to distal radius fracture and associated with volar displacement of the distal ulna: a case report. *J Hand Surg.*, n. 24A, 3, p. 534-537, 1999.

WADE, P. J. F.; WETHERELL, R. G.; AMIS, A. A. Flexor tendon repair. Significant gain in strength from the Halsted peripheral suture technique. *J Hand Surg.*, n. 14B, p. 232-235, 1989.

WEBB, J. B.; ELLIOT, D. Spontaneous rupture of the flexor pollicis longus tendon on a sesamoid bone. *J Hand Surg.*, n. 22 B, 3, p. 381-382, 1997.

WINTERS, S. C.; GELBERMAN, R. H.; WOO, S. L. Y. et al. The effects of multiple-strand suture methods on the strength and excursion of repaired intrasynovial flexor tendons: a biomechanical study in dogs. *J Hand Surg.*, n. 23A, p. 97-104, 1998.

YII, N. W.; URBAN, M.; ELLIOT, D. A prospective study of flexor tendon repair in zone 5. *J Hand Surg.*, n. 23 B, 5, p. 542-648, 1998.

YOUNG, L.; WEEKS, P. M. Profundus tendon blood supply within the digital sheath. *Surg Forum.*, n. 21, p. 504-506, 1970.

ZATITI, S. C. A.; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H. Mechanical strengths of tendon sutures. An in vitro comparative study of six techniques. *J Hand Surg.*, n. 23B, 2, p. 228-233, 1998.

7. ANEXO 1

Tabela. Coleta de dados dos tendões flexores: treze (13) diferentes técnicas em grupos, onde cada uma é composta de seis (6) repetições e três (3) de resistência; início da separação (F1), separação de 3mm (F2) e ruptura sutura (F3), medidos em Newton (N). Controle: ruptura dos tendões sem realizar a sutura.

Primeiro Grupo: duas (2) passadas (strand) no centro do tendão

Kessler - Sut. Cont.			Kessler-Sut.Halsted			Tsuge			Kleinert-Mod.Bunnell			
F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	
4,5	9,6	15,24	6,5	11,8	14,78	5,9	14,1	24,4	17,5	27,4	31,65	
16,8	18,2	20,12	7,9	14	13,97	7,1	12,9	15,44	7,1	16,9	24,87	
13	15,5	18,12	12,7	15	19,05	7,6	10,5	12,84	5,6	12,6	15,98	
27	36	36,37	10,4	14,5	22,73	9,1	20,1	25,81	13,6	24,7	27,01	
2,8	12,9	21,93	13,6	17	18,59	7,6	9,2	9,62	7,7	9,1	15,71	
4,9	13,9	22,73	6	9,7	29,75	10,6	26,3	36,97	11	11,3	19,52	
Médi	11,5	17,68	22,42	9,517	13,67	19,81	7,983	15,52	20,85	10,41667	17	22,4567

Segundo Grupo: quatro (4) passadas (strand) no centro do

Cruciate			Kessler Duplo			Indiana			
F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	
16,8	30	35,3	7,4	16,2	33,5	12	13,6	25,34	
20,1	27	27,1	14,1	20,7	36,44	15	16,5	19,26	
17,7	19	21,93	14,4	28,3	31,36	11,7	13,8	18,45	
15,3	20,1	23,94	12,2	25,1	47,07	16,6	27,5	33,3	
42,2	58,8	60,24	19,9	32	47,34	10,5	20,7	31,69	
10,4	17,3	27,81	14,8	27,6	34,1	4,7	10,2	15,85	
Médi	20,42	28,7	32,72	13,8	24,98	38,3	11,75	17,05	23,98

Brasil I			Brasil II		
F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
9	16	26,74	12,6	24,9	31,16
7,2	13,4	23,94	10,4	18,5	28,28
8	21,5	40,65	11,1	18,3	21,8
7,6	12	37,91	14	23,7	31,02
12,4	30,8	48,81	15,7	37	37,31
8	13,8	35,03	8,8	14,4	23,33
8,7	17,92	35,51	12,1	22,8	28,82

Médi

Terceiro Grupo: seis (6) passadas (strand) no centro do tendão

Tsai			Yoshizu			Savage		
F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
6,6	17,5	30,82	19	19	24,74	11,7	21,7	29,69
12,8	17,2	22,4	16	22	33,76	18	34,8	56,3
10	14	31,76	15,8	20,3	22,73	14,8	28	48,14
17	21,3	26,88	15,8	20,5	22,8	19,3	49,1	61,24
5,9	17,2	40,92	17,1	22,4	22,8	21,5	37,8	50,75
3,5	12,7	41,12	14,4	20,1	34,37	21,3	39,5	54,09
9,3	16,65	32,32	16,35	20,72	26,87	17,77	35,15	50,04

Quarto Grupo: oito (8) passadas (strand) no centro do tendão

Pittsburg		
F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
20,2	25,1	40,12
35,4	50,5	51,41
22,7	30,4	52,48
31,4	57,2	79,43
19,7	32,5	51,35
31,03	37,8	50,8
Média	26,74	38,92

F1 C.V 39,6
4

F2 C.V 38,2
8

F3 C.V 30,2
3

Controle
66,26
30,82
143,1
112,1
49,54
59,04
76,81

Legenda

F1 – início da separação

F2 – separação de 3mm

F3 –

Controle - ruptura do tendão sem realizar a sutura

8. ANEXO 2

Tabela

Tendões flexores superficiais (TFS) e profundos (TFP) de Seis (6) cadáveres frescos (doadores de órgãos) com respectivas idades utilizados no estudo. Setenta e oito (78) tendões para as treze (13) técnicas e seis (6) para o grupo controle, totalizando oitenta e quatro (84) tendões. Dedo indicador (I), dedo médio (M), dedo anular (A) e tendão flexor longo do polegar (FLP).

Espécie	Idade	KC	KH	T	KB	C	KD	I	B1	B2	TI	Y	S	P	C
E1	15	FLP	TFP I	TFS I	TFP M	TFS M	TFP A	TFS A	FLP	TFP I	TFS I	TFP M	TFS M	TFP A	TFS A
E2	20	TFS A	TFP A	TFS M	TFP M	TFS I	TFP I	FLP	TFS A	TFP A	TFS M	TFP M	TFS I	TFP I	FLP
E3	30	TFP I	TFS I	TFP A	FLP	TFP M	TFS M	TFS A	TFS A	TFP A	FLP	TFP I	TFS I	TFP M	TFS M
E4	34	TFS M	TFP M	TFS I	TFP I	FLP	TFP I	TFS I	TFP M	TFS M	TFP A	TFS A	FLP	TFP A	TFS A
E5	35	TFS A	TFP A	TFS M	TFP M	TFS I	TFP I	FLP	TFS A	TFP A	TFS M	TFP M	TFS I	TFP I	FLP
E6	50	FLP	TFP I	TFS I	TFP M	TFS M	TFP A	TFS A	TFL P	TFP I	TFS I	TFP M	TFS M	TFP A	TFS A