



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**DEPARTAMENTO DE CIRURGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS MÉDICO-  
CIRÚRGICAS**

**SÂNGELO ANDRÉ RIBEIRO ABREU**

**MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES NAS POLIAS  
ANELARES DOS TENDÕES FLEXORES DA MÃO: UM ESTUDO POR  
IMUNOFLUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL A LASER**

**FORTALEZA**

**2024**

SÂNGELO ANDRÉ RIBEIRO ABREU

MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES NAS POLIAS  
ANELARES DOS TENDÕES FLEXORES DA MÃO: UM ESTUDO POR  
IMUNOFLUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL A LASER

Dissertação ao Programa de Pós-Graduação  
Stricto Sensu em Ciências Médico-Cirúrgicas  
da Faculdade de Medicina da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre. Área de  
concentração: Metabolismo, Fisiologia e  
Biologia Celular no Estresse.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Luzete Costa  
Cavalcante

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A99m Abreu, Sângelo André Ribeiro.  
Mecanorreceptores e Terminações Nervosas Livres nas Polias Anelares dos Tendões Flexores da Mão: Um Estudo por Imunofluorescência e Microscopia Confocal a Laser / Sângelo André Ribeiro Abreu. – 2024.  
67 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Maria Luzete Costa Cavalcante.
1. Dedo em gatilho. 2. Mão. 3. Fibrocartilagem. 4. Imunofluorescência. 5. Mecanorreceptores. I. Título.  
CDD 617
-

SÂNGELO ANDRÉ RIBEIRO ABREU

MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES NAS POLIAS  
ANELARES DOS TENDÕES FLEXORES DA MÃO: UM ESTUDO POR  
IMUNOFLUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL A LASER

Dissertação ao Programa de Pós-Graduação  
Stricto Sensu em Ciências Médico-Cirúrgicas  
da Faculdade de Medicina da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre. Área de  
concentração: Metabolismo, Fisiologia e  
Biologia Celular no Estresse.

Aprovado em: 15/05/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Maria Luzete Costa Cavalcante (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Danielle Macêdo Gaspar  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Atualpa Pinheiro Junior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Renato Evando Moreira Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Sandoval de Sousa Abreu (*in memoriam*) e Maria Marlene Ribeiro Abreu.  
À minha esposa Eva Patrícia Ferreira Lima Abreu e filhos, Ana Beatriz Lima Abreu e Gabriel  
Lima Abreu.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas da Universidade Federal do Ceará, por sua importância no desenvolvimento e formação de profissionais altamente qualificados para o exercício de atividades no ensino, pesquisa, desenvolvimento e produção científica e tecnológica nas áreas de Medicina e de Biomedicina.

À Profa. Dra. Maria Luzete Costa Cavalcante, coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas da Universidade Federal do Ceará, pelo aceite a minha solicitação, apoio, amizade e pela orientação.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas, que muito enriqueceram o conteúdo deste estudo. E a alguns mestres e amigos que preciso agradecer, pois fizeram o que foi possível para que eu chegasse ao fim desse mestrado. Aos funcionários do Departamento de Cirurgia e de Patologia da Faculdade de Medicina da UFC.

Ao Dr. Miguel Ricardo Barbosa Moraes por me incentivar e ser um dos maiores responsáveis pela minha volta à Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Aos estudantes de iniciação científica, pela grande contribuição e dedicação ao desenvolvimento desse trabalho ao longo de quase três anos e de uma epidemia de Covid-19.

À Profa. Dra. Rosemayre Souza Freire, da Central Analítica da Universidade Federal do Ceará, e à Profa. Dra. Débora Castelo Branco de Souza Collares Maia, professora de Microbiologia Médica da Universidade Federal do Ceará.

À coordenação de Medicina Legal da Perícia Forense do Ceará (PEFOCE) e seus funcionários, na pessoa do coordenador Dr. Renato Evando Moreira Filho, assim como os servidores do Banco de Olhos do Estado do Ceará, pela ajuda na captação e retirada das amostras dos tecidos humanos necessários a essa pesquisa.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas discussões, reflexões e companheirismo.

*“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende”.*

Leonardo da Vinci.

## RESUMO

A mão humana tem grande importância na vida do homem, propiciando a manipulação de objetos, informações do meio através do tato, estando ligadas a mecanismos de defesa e passando informações visuais através de gestos. Várias estruturas anatômicas fazem parte do arcabouço da mão. Dentre elas, as polias anelares. Estas desempenham um papel crucial na manutenção dos tendões flexores alinhados aos ossos, otimizando o movimento, reduzindo o gasto de energia e aumentando a eficiência do mecanismo flexor dos dedos. As polias anelares são em número de cinco e são frequentemente afetadas por doenças e traumatismos, principalmente a primeira polia, denominada A1. Elas são de natureza fibrocartilaginosa, apresentando vascularização própria e possivelmente terminações nervosas livres (TNL) e mecanorreceptores (MCR) em suas estruturas. Este estudo visa preencher uma lacuna na compreensão da inervação das polias anelares e, dessa forma, contribuir para melhorias no tratamento de doenças que acometem os tendões flexores, como, por exemplo, as doenças chamadas tenossinovites estenosantes (dedo em gatilho), além do aprimoramento de técnicas cirúrgicas clássicas nessa região. Para investigar a presença de mecanorreceptores e terminações nervosas livres, foram removidas 20 (vinte) polias A1 do dedo anelar da mão direita de vinte cadáveres não congelados, seguidas da retirada de tecidos adiposos e fibrosos desnecessários, criocortes e de análises microscópicas confocal a laser após a marcação com imunohistoquímica indireta, utilizando o PGP 9.5 (*protein gene product*) como anticorpo primário e Alexa Fluor 488 como anticorpo secundário. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o software *GraphPad Prism*®. Após as análises, identificamos que as polias apresentaram comprimento médio de  $0,98 \pm 0,14$  cm, largura média de  $0,78 \pm 0,18$  cm e peso médio de  $0,11 \pm 0,10$  g. A análise estatística indicou diferença significativa entre as amostras de polias para a variável peso. Houve forte correlação entre peso, comprimento e largura das polias. Encontramos, em algumas amostras, mecanorreceptores tipo I (*Ruffini*), e, em todas as amostras estudadas, foram evidenciadas terminações nervosas livres (tipo IV), estas exibindo várias formas e comprimentos distintos. Tecido conjuntivo fibrocartilaginoso, vasos e terminações nervosas livres foram observados nas bordas das polias A1. Conclui-se que as polias anelares denominadas A1 do 4º dedo da mão direita possuem terminações nervosas livres e, em algumas, tem-se mecanorreceptores tipo I, variando em tamanho e localização preferencialmente nas inserções medial e lateral, próximas à região fibrocartilaginosa. Esses achados são importantes para se entender a fisiopatologia das doenças dos tendões flexores das



mãos e orientar tratamentos e melhorias das técnicas cirúrgicas, visando minimizar danos funcionais e nociceptivos durante os procedimentos médicos nas polias.

**Palavras-chave:** Dedo em gatilho; Mão; Fibrocartilagem; Imunofluorescência; Mecanorreceptores.

## ABSTRACT

The human hand holds great importance in human life, enabling the manipulation of objects, sensing information from the environment through touch, being connected to defense mechanisms and conveying visual information through gestures. Various anatomical structures are part of the hand's framework, including the annular pulleys. These play a crucial role in maintaining the alignment of flexor tendons to the bones, optimizing movement, reducing energy expenditure and increasing the efficiency of finger flexor mechanism. The annular pulleys are five in number and are often affected by diseases and injuries, particularly the first pulley, known as A1. They are fibrocartilaginous in nature, with their own vascularization and possibly free nerve endings (FNE) and mechanoreceptors (MCR) within their structures. This study aims to fill a gap in understanding the innervation of annular pulleys, thereby contributing to improvements in the treatment of diseases affecting flexor tendons, such as stenosing tenosynovitis (trigger finger), as well as enhancing classic surgical techniques in this region. To investigate the presence of mechanoreceptors and free nerve endings, twenty (20) A1 pulleys from the ring finger of the right hand were removed from twenty non-frozen cadavers, followed by removal of unnecessary adipose and fibrous tissues, cryosectioning and laser confocal microscopic analysis after indirect immunohistochemical labeling, using PGP 9.5 (protein gene product) as the primary antibody and Alexa Fluor 488 as the secondary antibody. The data were statistically analyzed using GraphPad Prism® software. After analysis, we identified that the pulleys had a mean length of  $0.98 \pm 0.14$  cm, mean width of  $0.78 \pm 0.18$  cm, and mean weight of  $0.11 \pm 0.10$  g. Statistical analysis indicated a significant difference between pulley samples for the weight variable. There was a strong correlation between weight, length, and width of the pulleys. In some samples we found type I mechanoreceptors (Ruffini) and in all samples studied, free nerve endings (type IV) were evident, exhibiting various shapes and distinct lengths. Fibrocartilaginous connective tissue, vessels and free nerve endings were observed at the edges of the A1 pulleys. It is concluded that the annular pulleys designated as A1 of the 4th finger of the right hand have free nerve endings and, in some cases, type I mechanoreceptors, varying in size and preferably located at the medial and lateral insertions, close to the fibrocartilaginous region. These findings are important for understanding the pathophysiology of hand flexor tendon diseases and guiding treatments and improvements in surgical techniques, aiming to minimize functional and nociceptive damage during medical procedures on the pulleys.

**Keywords:** Fibrocartilage; Trigger finger; Hand; Mechanoreceptors; Immunofluorescence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação homúnculo de Penfield. Áreas motoras e sensoriais do córtex cerebral.....	20
Figura 2 - Anatomia normal do sistema de polias e túneis fibrosos pelos quais os tendões flexores atravessam.....	21
Figura 3 – A. Incisão e visualização das polias A1(seta preta), polia A2 (seta verde), polia cruciforme (seta azul) e polia A3 (seta laranja). B. Desenho esquemático das polias A1, A2 e A3.....	22
Figura 4 - Anatomia do Mecanismo flexor e falange.....	24
Figura 5 - Sistema de polias flexoras .....	25
Figura 6 - Representação da técnica de Imunofluorescência indireta em que o anticorpo secundário fluorescente quando se liga ao anticorpo primário conjugado.....	27
Figura 7. Principais vias de luz em Microscopia confocal.....	29
Figura 8 - Dedo em Martelo ( <i>Trigger Finger</i> ).....	31
Figura 9 - Visualização da mão direita com marcação do local da incisão.....	37
Figura 10 - Visualização da abertura da aponeurose palmar.....	37
Figura 11 - A e B. Identificação e ressecção da polia A1 do dedo anelar; C. Inserções fibrocartilaginosas, após o afastamento das estruturas anatômicas superficiais.....	38
Figura 12 - Visualização após ressecção da polia A1.....	39
Figura 13 - A. Medição da polia A1 do dedo anelar; B. Pesagem das polias em balança de precisão.....	39
Figura 14 - Secções histológicas obtidas por meio de criostato Jung.....	40
Figura 15 - Sistema de Microscopia Confocal a Laser acoplado ao software para a projeção da imagem.....	42
Figura 16 – A e B. Coloração de uma lâmina com hematoxilina – eosina para verificar qualidade das lâminas e determinar outras estruturas histológicas e citológicas. Setas em A : preta - tecido fibroso; amarela – fibroblastos; laranja – célula endotelial; branca – vasos sanguíneos. Setas em B: roxa: tecido fibrocartilaginoso; verde – condrócitos; amarela – fibroblastos; branca – vasos sanguíneos.....	44
Figura 17 - Dados das polias anulares classificadas como A1 do 4º dedo (anelar).....	45
Figura 18 - Visão geral em microscopia confocal das terminações nervosas livres. Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário).....	47

Figura 19 - Múltiplas formas de Terminações Nervosas Livres. Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário).....	48
Figura 20 - Visualização do tecido conjuntivo fibrocartilaginoso e Terminações Nervosas Livre - TNL. Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário).....	49
Figura 21 - Mecanorreceptor do tipo I (Ruffini). Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário). ....	50

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação das terminações nervosas segundo Freeman e Wyke (1967)..... 32

Tabela 2 - Dados das polias anelares classificadas como A1 do 4º dedo da mão ..... 45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância  
CAAE – Certificado de Apresentação para Apreciação Ética  
CEP – Comitê de Ética e Pesquisa  
CLSM – Microscopia Confocal a Laser  
CNS – Conselho Nacional de Saúde  
Covid-19 – Doença do Coronavírus 19  
C2 – Terceira Polia Cruciforme  
EPI – Equipamento de Proteção Individual  
HUWC – Hospital Universitário Walter Cantídio  
IF - Imunofluorescência  
LABCEX – Laboratório de cirurgia experimental  
MCL – Microscópio Confocal a Laser  
MCR - Mecanorreceptores  
PBS – *Phosphate buffered saline*  
PEFOCE – Perícia Forense do Estado do Ceará  
PGP – *Protein gene product*  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
PMTs - Tubo Fotomultiplicador Sensível  
TCLE – Termo de Consentimento Livre Esclarecido  
TNL – Terminações Nervosas Livres  
TX-100 – Triton X-100  
UFC – Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	20
<b>2.1.</b>	<b>Anatomia e Fisiologia dos Tendões Flexores da Mão</b> .....	20
<b>2.2.</b>	<b>Polias Anelares e Polias Flexoras A1</b> .....	25
<b>2.3.</b>	<b>Mecanorreceptores e Terminações Nervosas Livres em Estruturas Articulares</b> .....	26
<b>2.4.</b>	<b>Imunofluorescência e Microscopia Confocal a Laser como Método de Investigação</b> .....	26
<b>2.5.</b>	<b>Fisiopatologia de Lesões nas Polias dos Tendões Flexores</b> .....	29
<b>2.6.</b>	<b>Papel dos Mecanorreceptores e Terminações Nervosas em Distúrbios Musculoesqueléticos</b> .....	31
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	34
<b>3.1.</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	34
<b>3.2.</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	34
<b>4.</b>	<b>CASUÍSTICA E MÉTODOS</b> .....	35
<b>4.1.</b>	<b>Aspectos éticos</b> .....	35
<b>4.2.</b>	<b>Caracterização da amostra</b> .....	35
<b>4.2.1.</b>	<b>Critérios de inclusão</b> .....	35
<b>4.2.2.</b>	<b>Critérios de Exclusão</b> .....	35
<b>4.2.3.</b>	<b>Riscos e benefícios</b> .....	35
<b>4.2.4.</b>	<b>Redução de riscos</b> .....	36
<b>4.2.5.</b>	<b>Ambiente da Coleta de Material e da Experimentação</b> .....	36
<b>4.3.</b>	<b>Aquisição de amostras</b> .....	36
<b>4.4.</b>	<b>Preparação dos Tecidos</b> .....	40
<b>4.5.</b>	<b>Secção criostática</b> .....	40
<b>4.6.</b>	<b>Coloração dos tecidos por imunofluorescência</b> .....	41
<b>4.7.</b>	<b>Microscópio Confocal a Laser (MCL)</b> .....	42

<b>4.8.</b>	<b>Análise Morfométrica.....</b>	<b>43</b>
<b>4.9.</b>	<b>Análise Estatística.....</b>	<b>43</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>6.1.</b>	<b>Limitações.....</b>	<b>53</b>
<b>6.2.</b>	<b>Perspectivas.....</b>	<b>54</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO B – Carta de Anuência da PEFOCE.....</b>	<b>65</b>
	<b>APENDICE A - Termo de consentimento Livre e Esclarecido.....</b>	<b>66</b>





## 1. INTRODUÇÃO

A mão e os olhos, dentre os órgãos dos sentidos, talvez sejam o que mais recebem e transmitem estímulos do meio ambiente para o cérebro (PARDINI JR, 1990). No cérebro humano, a discriminação sensorial tátil e motora do corpo é representada pelo “homúnculo de Penfield”, descrito pelo neurocirurgião Wilder Penfield entre as décadas de 1940 e 1950 (SILVA, 2013). Somatotopia (do grego *sōma*, -atos, corpo + *tópos*, lugar) é a correspondência ponto a ponto de uma área do corpo com um ponto específico sistema nervoso central. (SALADIN; MILLER, 2023). O "homúnculo de Penfield" é uma representação ilustrativa que mostra como diferentes partes do corpo são mapeadas nos hemisférios do cérebro, com certas áreas, como as mãos, recebendo destaque devido à sua importância tanto motora, como sensitiva (discriminação sensorial). Esta representação evidencia que o cérebro contém um "mapa" das partes do corpo, refletindo nossa capacidade de sentir e interagir com o mundo. A ênfase nas mãos destaca seu papel crucial na interação com o ambiente, essencial para a sobrevivência e desenvolvimento humano. Este conceito também se relaciona com a compreensão da imagem corporal e a fenomenologia de experiências como membros fantasmas, ilustrando a complexa relação entre o físico e a percepção cerebral (BESSA; MACIEL, 2016).

A mão humana possui uma anatomia intrincada, composta essencialmente pelo arcabouço ósseo, músculos, tendões, túneis osteofibrosos, polias, nervos, ligamentos, tecido conjuntivo e pele. Os sistemas de polias que envolvem segmentos específicos dos tendões flexores têm a responsabilidade de manter os tendões próximos aos ossos correspondentes e no eixo do movimento, otimizando o processo de flexão dos dedos e promovendo uma maior eficiência com menor gasto de energia (COERT *et al.*, 1995; COHEN; KAPLAN, 1987). Essas funções das polias causam um incremento da eficiência do aparato flexor (GREEN, 1988; WOLFE *et al.*, 2021). O desempenho do sistema flexor dos dedos fica prejudicado quando existe perda de parte ou da totalidade do sistema de polias (RIBAK *et al.*, 2002).

Na mão, existem cinco polias anelares e três polias cruciformes, responsáveis pelos dedos indicador, médio, anelar e mínimo. Dentre essas polias, a denominada A1, localizada ao nível da articulação metacarpo-falângica e conectada à placa volar e ao ligamento intermetacarpiano, possui uma largura média de 7,9 mm e é de grande importância na manifestação de patologias na mão (CAETANO; CAETANO, 2005; FIORINI JUNIOR, 2016; PARDINI JR, 1990). A função das polias deriva de três características estruturais notáveis: tamanho, elasticidade e posição no sistema flexor dos dedos. É fato que as polias A2 e A4 são as mais extensas e menos elásticas que as demais (BARTON, 1969).

Os nervos são conjuntos de fibras nervosas envolvidas por tecido conjuntivo, conectando o sistema nervoso central aos órgãos periféricos, seja com a medula espinhal ou o encéfalo, classificados como espinhais ou cranianos, respectivamente. Sua função primordial é transportar impulsos nervosos do sistema nervoso central para a periferia (impulsos eferentes) e da periferia de volta para o sistema nervoso central (impulsos aferentes). Nas extremidades periféricas, as fibras nervosas se modificam, originando terminações nervosas que podem ser de dois tipos: sensitivas (aferentes) e motoras (eferentes) (MACHADO; HAERTEL, 2014). Essas terminações nervosas periféricas são abundantemente distribuídas na pele, músculos e articulações, desempenhando papéis essenciais na percepção sensorial. No corpo humano, existem principalmente cinco tipos de receptores sensoriais: os Termorreceptores, que detectam variações de temperatura; os Mecanorreceptores, sensíveis à pressão e deformação física; os Nociceptores, responsáveis pela detecção de estímulos dolorosos; os Fotorreceptores, localizados na retina e responsáveis pela captura de estímulos visuais; e os Quimiorreceptores, que detectam odores, sabores e variações internas como pH e concentrações metabólicas (MACHADO; HAERTEL, 2014; PARVIZI, 2010).

Mecanorreceptores (MCR) são um tipo de receptores nervosos somatossensoriais que retransmitem estímulo extracelular para transdução de sinal intracelular através de canais iônicos controlados mecanicamente. Essas estruturas neurais, os mecanorreceptores, estão presentes nas camadas superficial e profunda da pele e próximo ao osso. Esses receptores são encapsulados ou não encapsulados. As terminações nervosas livres (TNL), outra estrutura neural, geralmente são dendritos não encapsulados. Existem quatro categorias principais de mecanorreceptores táteis: discos de Merkel, corpúsculos de Meissner, terminações de Ruffini e corpúsculos de Pacini. Freeman e Wike (1967) classificou os mecanorreceptores em quatro tipos: Tipo I- terminações de Ruffini, corpúsculos de Golgi-Mazzoni e corpúsculo de Meissner; Tipo 2- corpúsculos de Pacini e de Krause; Tipo 3- terminações de Golgi e Tipo 4- terminações nervosas livres (TNL) (ABRAIRA; GINTY, 2013).

A microscopia eletrônica desempenha um papel fundamental na análise das polias flexoras, proporcionando *insights* detalhados sobre sua estrutura e condição patológica. Exames microscópicos demonstram degeneração, formação cística, divisão de fibras e infiltração de linfócitos ou células plasmáticas. Estudos comparativos entre tecidos normais e tenossinovites no nível da polia A1 revelam a presença de proliferações de condrócitos e colágeno tipo III nas polias doentes. Acredita-se que a polia A1 e a superfície correspondente do tendão flexor sofram um processo de metaplasia devido à influência de cargas compressivas (BELLOTI; SATO; FALOPPA, 2020). As polias A1 possuem três camadas, sendo a mais externa a mais

vascularizada e com a possível presença de mecanorreceptores e terminações nervosas livres. Estas são estruturas proprioceptivas importantes no mecanismo da dor, estabilidade e proteção das articulações, ligamentos e músculos e o seu estudo é importante para compreender a biomecânica osteomuscular e periarticular (FIORINI JÚNIOR, 2009).

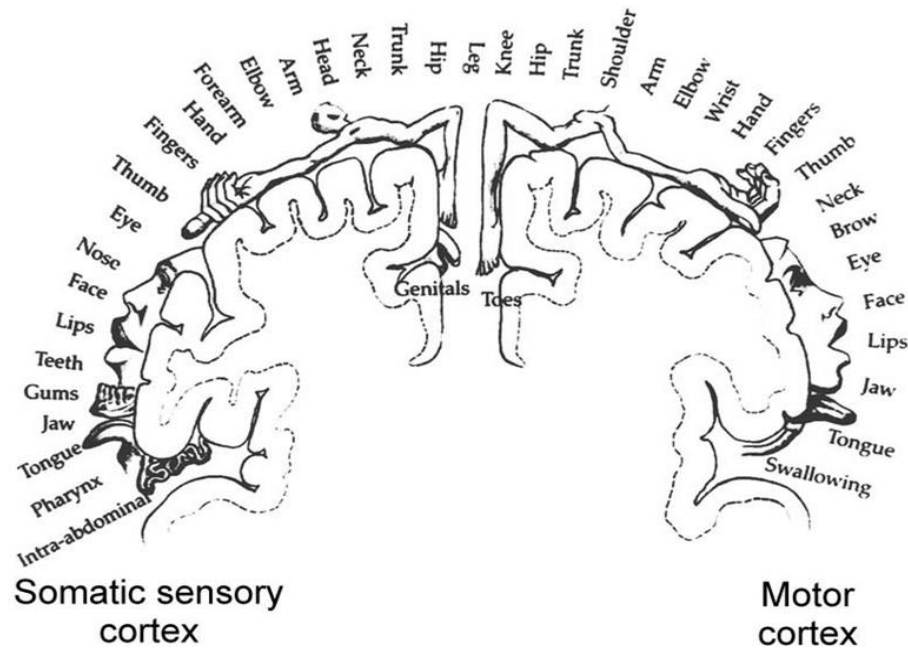
Com o avanço tecnológico, surgem técnicas mais modernas que oferecem maior especificidade ao tecido neural analisado e um alto nível de confiança. Um exemplo é a imunohistoquímica associada à microscopia confocal a laser, que colore especificamente o tecido nervoso e proporciona uma análise tridimensional da estrutura estudada. Isso nos permite uma melhor identificação e quantificação das estruturas nervosas. Entretanto, na literatura pesquisada, não encontramos nenhuma referência a estudos de MCR e TNL em polias das mãos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Anatomia e Fisiologia dos Tendões Flexores da Mão.**

O "homúnculo de *Penfield*" é uma representação visual que ilustra a forma como diferentes regiões do corpo são "mapeadas" nos hemisférios cerebrais, muitas vezes distorcidas para destacar a localização específica de cada parte do corpo em áreas distintas do cérebro. Esta representação sugere que o cérebro possui um mapa geral das várias partes do corpo, sendo o homúnculo uma representação desse mapa neural. Reflete a capacidade do cérebro para discriminação sensorial e controle motor, uma vez que está distribuído ao longo do córtex cerebral nos dois hemisférios. Notavelmente, a mão recebe uma atenção especial neste contexto, com uma representação significativa no homúnculo e, por conseguinte, no cérebro humano. Desde os primórdios da humanidade, o complexo mecanismo que permite o movimento dos dedos e sua interação com objetos e o ambiente desempenhou um papel fundamental em nossa sobrevivência e no desenvolvimento da espécie humana (BESSA; MACIEL, 2016; SILVA, 2013) (Figura 1).

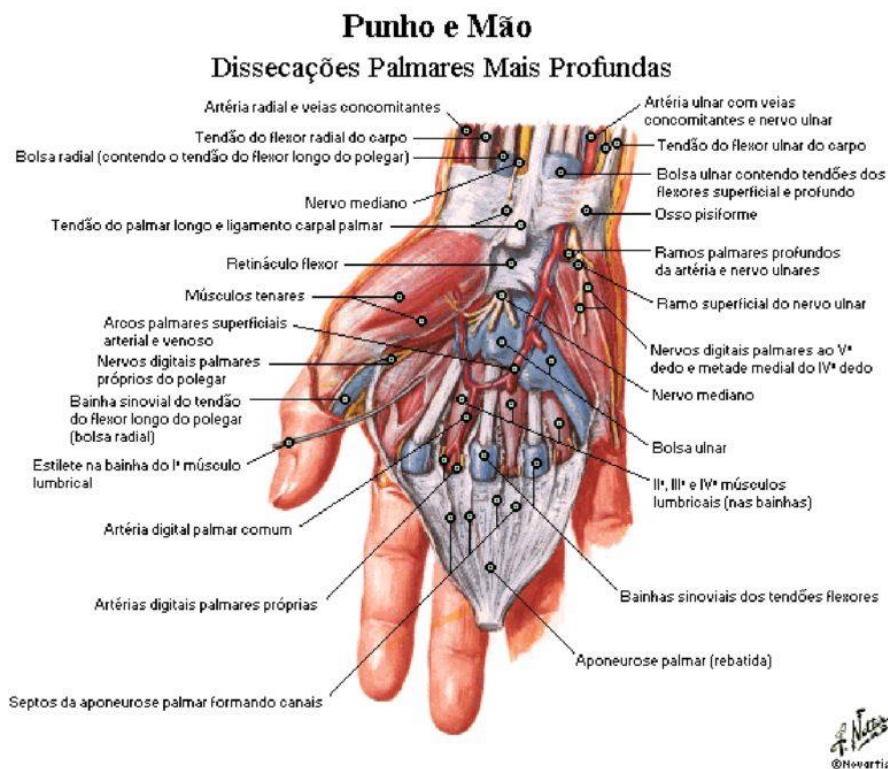
Figura 1 – Representação homúnculo de Penfield. Áreas motoras e sensoriais do córtex cerebral.



Fonte: Original illustration by Wilder Penfield (SCHOTT, 1993)

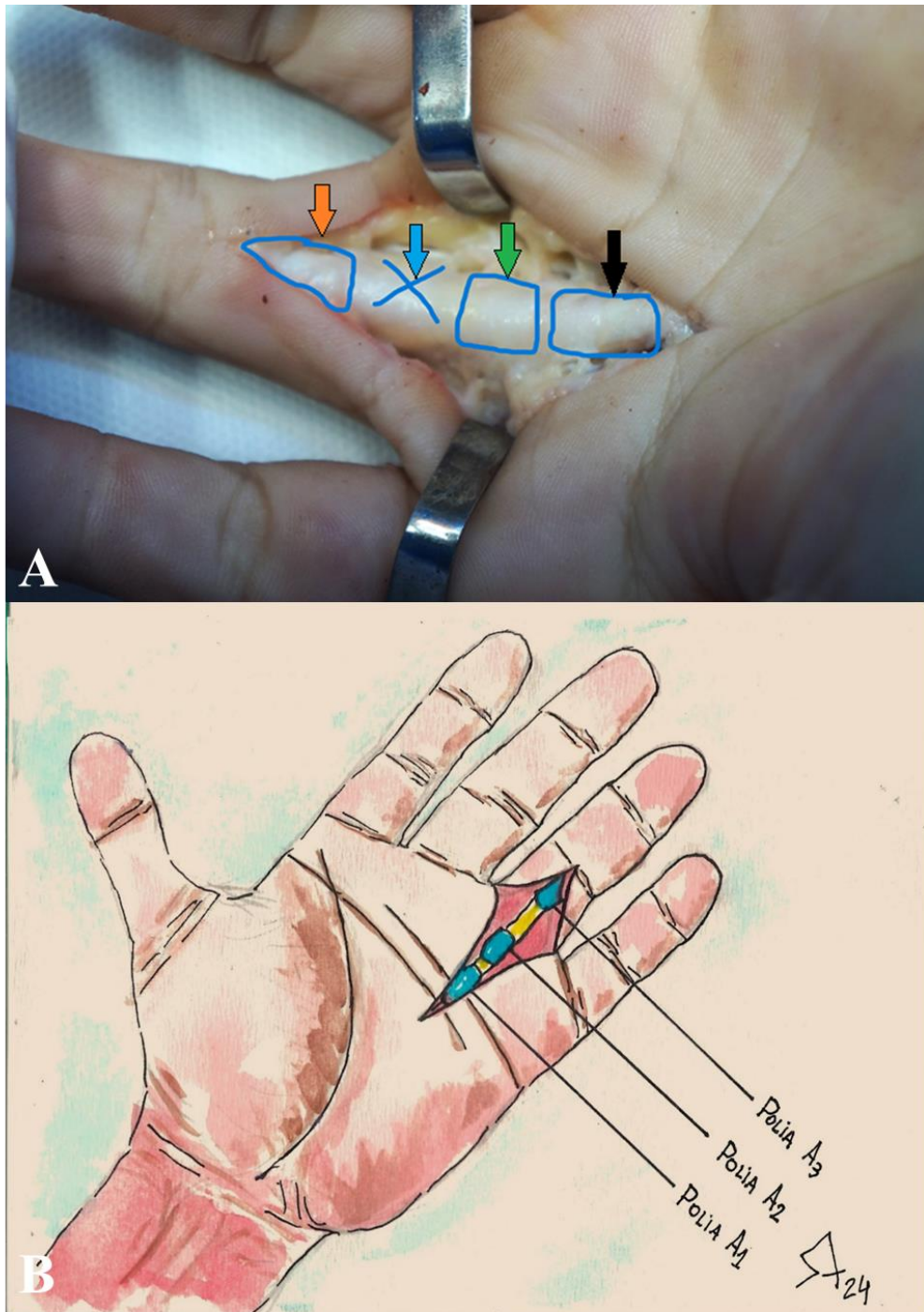
A mão é uma estrutura complexa, composta por ossos, articulações, músculos, tendões, nervos e vasos sanguíneos, destinada a atividades de preensão e tato devido à sua notável mobilidade e sensibilidade. É composto por cinco dedos, polegar, indicador, médio, anular e mínimo, cada um com sua função específica. A mão é capaz de uma ampla gama de manipulações, sendo o polegar e o indicador fundamentais para tarefas delicadas, enquanto os outros dedos facilitam diversas outras manipulações. A sua estabilidade depende da coordenação entre o tronco, ombro, cotovelo e punho, sendo este último crucial para o ajuste fino da posição da mão (SOBOTTA, 2013). As mãos são compostas por 27 ossos, divididos em três grupos principais: carpo (ossos do punho), metacarpo (ossos palmares) e falanges (ossos dos dedos). Esses ossos formam articulações complexas que permitem movimentos precisos e coordenados. Uma rede intrincada de músculos e tendões controla os movimentos das mãos (Figura 2 e Figura 3). Os músculos intrínsecos estão localizados no interior da mão e são responsáveis por movimentos finos, enquanto os músculos extrínsecos, originários do antebraço, fornecem força e estabilidade (NETTER, 1990).

Figura 2 - Anatomia normal do sistema de polias e túneis fibrosos pelos quais os tendões flexores atravessam.



Fonte: NETTER: Frank H. Netter Atlas De Anatomia Humana. 5 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2011.

Figura 3 – A. Incisão e visualização das polias A1 (seta preta), polia A2 (seta verde), polia cruciforme (seta azul) e polia A3 (seta laranja). B. Desenho esquemático das polias A1, polia A2, polia cruciforme e polia A3.



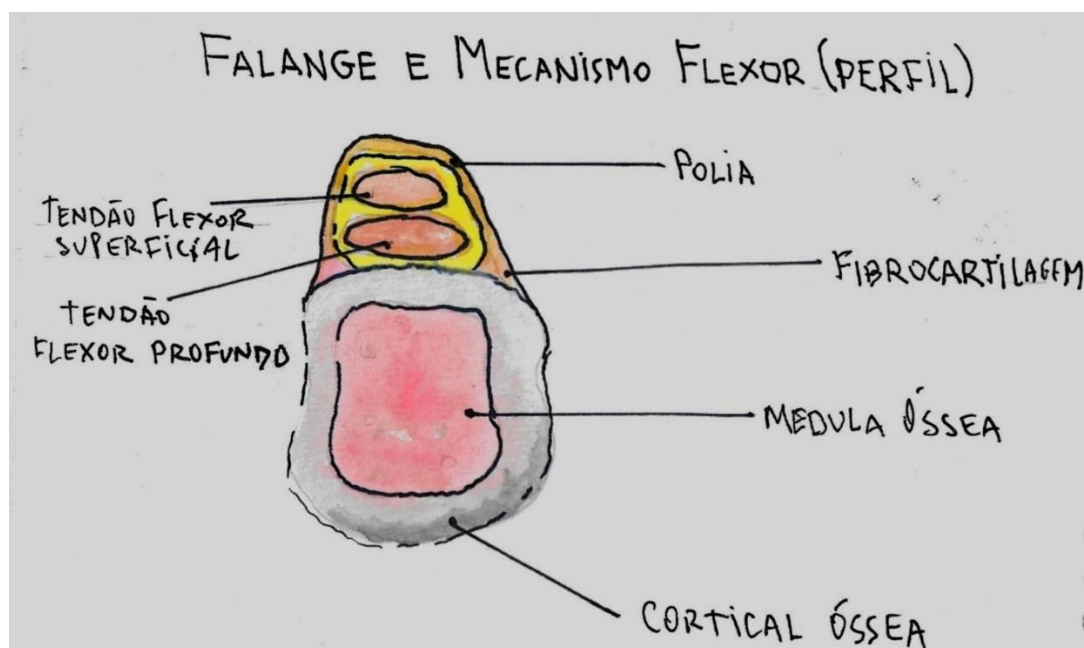
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os tendões flexores da mão são compostos principalmente pelos tendões dos músculos flexores superficiais (*flexor digitorum superficialis*) e profundos do antebraço (*flexor digitorum profundus*), além do tendão do músculo flexor longo do polegar (*flexor pollicis longus*) (CHAMMAS *et al.*, 2014).

A função primária dos tendões flexores da mão é flexionar as articulações, permitindo que a mão realize uma variedade de movimentos, como segurar objetos, digitar, escrever e realizar atividades manuais precisas. Além disso, esses tendões também desempenham um papel importante na estabilização das articulações das mãos durante a execução de tarefas que exigem precisão e força. O funcionamento do sistema flexor dos dedos é comprometido quando há perda parcial ou total das polias. A ausência destas estruturas leva a uma corda de arco, que por sua vez resulta em um aumento na amplitude do movimento tendíneo necessário para alcançar a mesma quantidade de flexão dos dedos, culminando em uma redução geral na amplitude do movimento tendíneo durante a contração muscular máxima (ZAFONTE; RENDULIC; SZABO, 2014).

Os tendões flexores da mão são estruturas altamente organizadas e resistentes, projetadas para suportar cargas repetitivas e tensões durante a realização de atividades diárias. No entanto, devido à sua localização superficial na região palmar, esses tendões estão sujeitos a lesões, como rupturas parciais ou completas, especialmente em casos de trauma agudo ou uso excessivo. As lesões nos tendões flexores da mão podem resultar em dor, perda de função e incapacidade de realizar atividades cotidianas. O tratamento geralmente envolve imobilização, fisioterapia e, em casos graves, cirurgia para reparo do tendão (FERNANDES; PEDRINELLI; HERNANDEZ, 2011) (Figura 4).

Figura 4 - Anatomia do Mecanismo flexor e falange.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

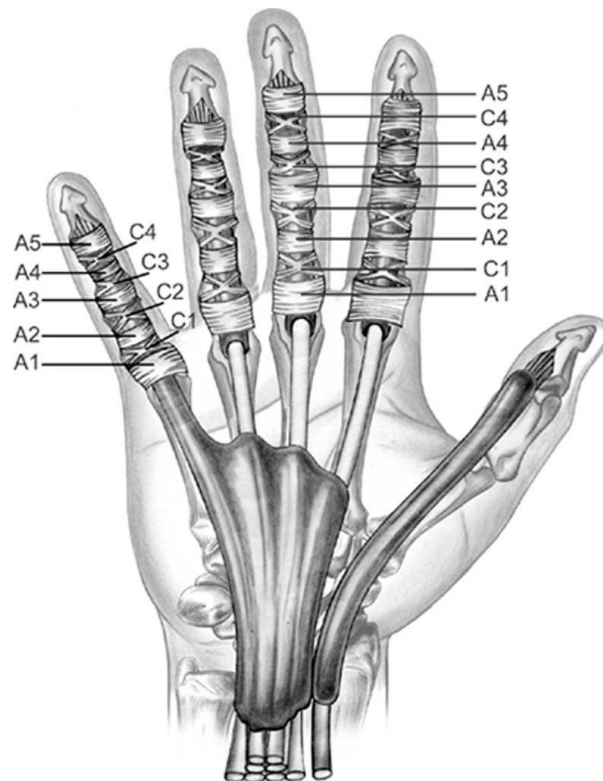


A vascularização das mãos é assegurada pelas artérias radial e ulnar, que fornecem sangue oxigenado para os tecidos. Os nervos medianos, ulnares e radiais são responsáveis pela sensibilidade e controle motor das mãos (DRAKE, 2010).

## 2.2. Polias Anelares e polias flexoras A1

As polias anulares representam cinco áreas onde as bainhas flexoras fibrosas são reforçadas por fibras circulares. Pensa-se que A2 e A4 são mais importantes na prevenção do encurvamento dos tendões flexores. A polia A1 cobre a articulação metacarpofalângica e A4 cobre a porção média da falange média (BARNABÉ; CATTELAN; CADIOLI, 2004; BARTON, 1969) (Figura 5).

Figura 5 - Sistema de polia flexoras.



Fonte: <http://www.ombroecotovelo.net>

## 2.3. Mecanorreceptores e Terminações Nervosas em estruturas osteoarticulares

Os mecanorreceptores e terminações nervosas livres presentes nas diversas estruturas osteoarticulares do corpo humano desempenham papéis essenciais na propriocepção e na

percepção da dor nessas regiões. Dentre os mecanorreceptores, temos os corpúsculos de *Pacini* e os de *Ruffini*. Os corpúsculos de *Pacini* são sensíveis a estímulos mecânicos, como pressão e vibração, enquanto os corpúsculos de *Ruffini* são sensíveis a estímulos de alongamento e deformação do tecido. Esses mecanorreceptores fornecem informações sensoriais importantes sobre a posição dos dedos, a tensão nos tendões e a carga exercida sobre as articulações durante o movimento (MACHADO; HAERTEL, 2014).

Os mecanorreceptores fornecem informações sensoriais importantes sobre a posição dos dedos, a tensão nos tendões e a carga exercida sobre as articulações durante o movimento (MACHADO; HAERTEL, 2014).

Além disso, as terminações nervosas livres são sensíveis à dor e à inflamação. Estudos têm demonstrado que essas terminações nervosas podem se tornar sensibilizadas em resposta a lesões agudas, como rupturas das polias ou entorses dos tendões, assim como em condições crônicas, como a tenossinovite dos flexores. A sensibilização das terminações nervosas pode levar à dor persistente e à disfunção da mão, afetando a capacidade do indivíduo de realizar atividades diárias e de trabalho (PEREIRA DE OLIVEIRA *et al.*, 2013).

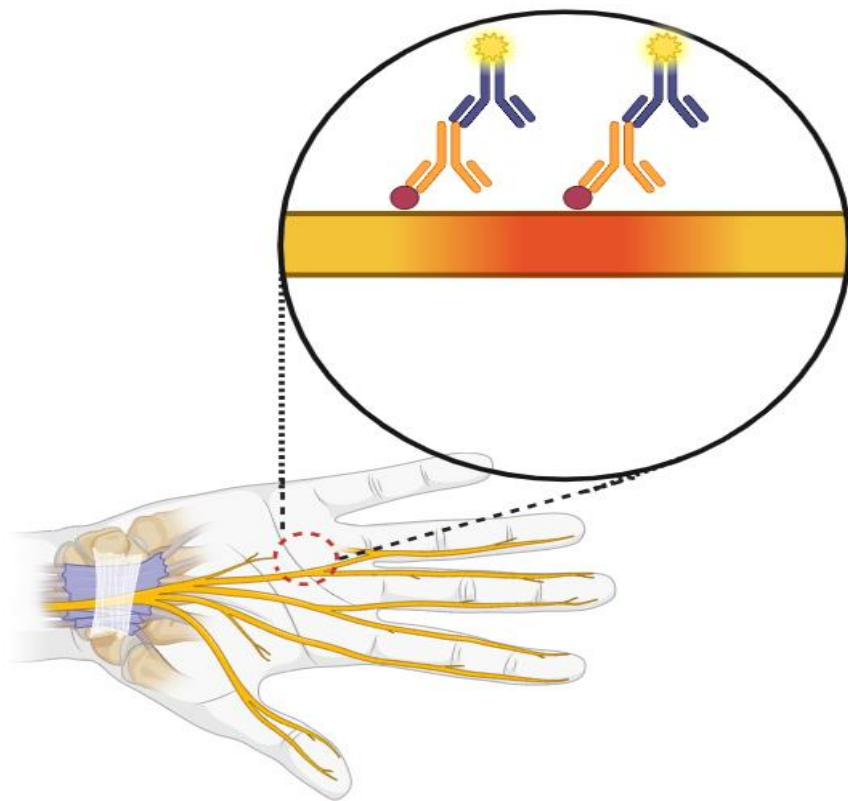
A compreensão da função dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres nas polias dos tendões flexores da mão é fundamental para o diagnóstico e tratamento de distúrbios musculoesqueléticos nessa região. Intervenções que visam modular a função desses receptores, como a terapia manual e a terapia de exercícios, podem ajudar a reduzir a dor, melhorar a função da mão e promover a recuperação após lesões ou cirurgias (DA SILVA; MUNIZ; FERDINANDO, 2014).

#### **2.4. Imunofluorescência e Microscopia Confocal a Laser como Método de Investigação**

A imunocoloração é uma técnica amplamente utilizada que permite a localização quantitativa de proteínas em células e tecidos. Ela envolve o uso de anticorpos acoplados a enzimas, fluorocromos ou partículas coloidais de *nanogold*. Quando os fluorocromos são aplicados durante a imunomarcagem, o método é denominado imunofluorescência (IF) (Figura 6). Essa técnica é frequentemente empregada em pesquisa básica e diagnóstico clínico, sendo acoplada à microscopia de campo amplo ou confocal (PIÑA *et al.*, 2022). A IF permite excelente sensibilidade e amplificação do sinal em comparação à imuno-histoquímica, empregando diversas técnicas de microscopia. Existem dois métodos disponíveis, dependendo do escopo do experimento ou dos anticorpos específicos em uso: direto (primário) ou indireto (secundário). A técnica de imunocoloração direta é empregada quando um único anticorpo primário se conecta

diretamente a um marcador (anticorpo conjugado). Em contraste, no método indireto, um anticorpo secundário marcado é utilizado para reconhecer um anticorpo primário conjugado, o qual é projetado para se ligar ao sítio de afinidade antigênica correspondente (IM *et al.*, 2019).

Figura 6 - Representação da técnica de Imunofluorescência indireta em que o anticorpo secundário fluorescente quando se liga ao anticorpo primário conjugado.



Fonte: Adaptado de Im et al., 2019.

Na microscopia de fluorescência, a própria amostra que se deseja estudar atua como fonte de luz. Essa técnica se fundamenta no fenômeno em que certos materiais emitem energia na forma de luz visível quando são irradiados com luz de um comprimento de onda específico. A amostra pode gerar fluorescência de forma natural, como no caso da clorofila e alguns minerais, ou por meio de tratamento com substâncias fluorofóricas, frequentemente conjugadas a anticorpos. Essa fluorescência constitui a própria coloração da amostra, possibilitando sua análise através de microscopia óptica (KATIKIREDDY; O'SULLIVAN, 2011; MATSUMOTO, 2003).

O marcador primário o PGP 9.5 (*Protein gene product 9.5*) foi originalmente extraído de extratos cerebrais humanos. Inicialmente foi identificado em neurônios e pensava-se ser específico para essas células. Contudo, estudos posteriores detectaram esse marcador outros tecidos humanos, tais como melanócitos e uma variedade enorme de células neuroendócrinas, tais como células tireoidianas parafoliculares, células pancreáticas e células da medula adrenal, dentre outras (Lucas K. Campbell *et al*, 2003).

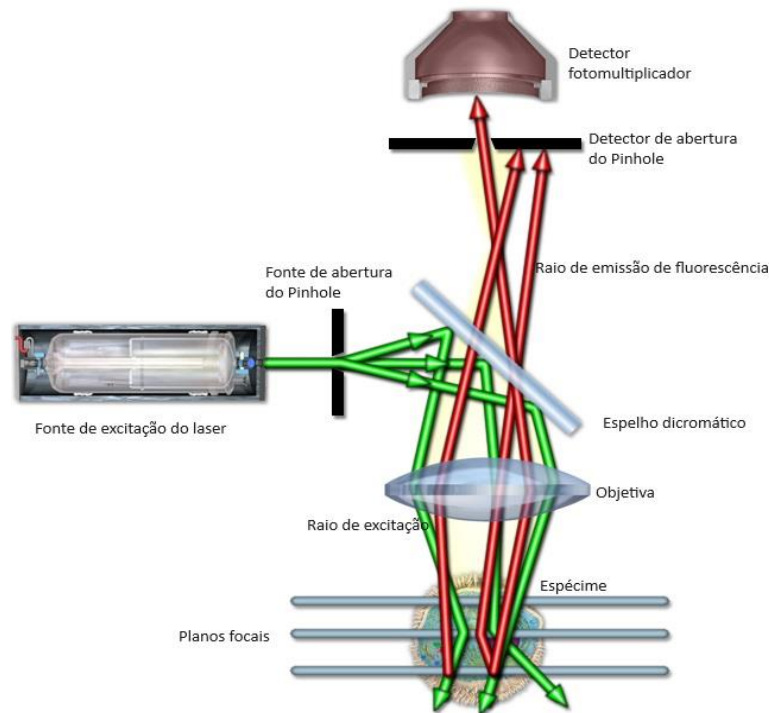
O marcador secundário Alexa Fluor 488 é utilizado como um fluoróforo doador em estudos de dobramento de proteínas detectados por Transferência de Energia de Ressonância de Förster (FRET). O Alexa Fluor 488 é preferido para este fim porque é fotoestável, facilmente excitado a 488 nanômetros e apresenta alto rendimento quântico de fluorescência (Lindhoud S. *et al*, 2012).

O microscópio confocal a laser é construído em torno de um microscópio de luz convencional e usa um laser em vez de uma lâmpada como fonte de luz, detectores de tubo fotomultiplicador sensível (PMTs) e um computador para controlar os espelhos de varredura e facilitar a coleta e exibição das imagens. Ele oferece resoluções mais elevadas e a capacidade de capturar imagens em múltiplos planos. Além disso, os métodos de detecção fluorescente evitam artefatos visuais decorrentes de precipitados de enzimas cromogênicas durante a localização de proteínas para imagem. Enquanto a abordagem enzimática dos métodos cromogênicos pode restringir as capacidades quantitativas das análises imunoquímicas, as sondas fluorescentes possibilitam abordagens automatizadas de alta eficiência e quantificação (PADDOCK, 2000). Desta forma, este método tem facilitado na geração de imagens 3D de alta resolução a partir de seções relativamente espessas de tecido. Como uma técnica de imagem comparativamente não destrutiva, o CLSM facilita a caracterização *in situ* da microestrutura do tecido (JONES *et al.*, 2005).

As imagens produzidas pelo Microscópio Confocal a Laser (CLSM) têm sido amplamente empregadas na investigação de tecidos como cartilagem articular, osso, músculo, tendão, ligamento e meniscos, sendo utilizadas por diversos grupos de pesquisa na área de ortopedia (JONES *et al.*, 2005). Este tipo de microscopia opera de maneira semelhante à microscopia de fluorescência, porém com uma distinção crucial: a utilização de um pequeno orifício de abertura, conhecido como *pinhole*, que permite uma alta definição de imagem em amostras mais espessas que o plano focal. Essa técnica possibilita um aumento significativo no contraste da imagem microscópica, além de possibilitar a construção de imagens tridimensionais. No processo de microscopia confocal a laser, um feixe de laser de comprimento

de onda específico "varre" a amostra, enquanto um computador converte os pontos focados em pixels, resultando na montagem de uma imagem. Essa imagem pode ser tridimensional ou mesmo em tempo real (MATSUMOTO, 2003; MIYASHITA, 2004) (Figura 7).

Figura 7 - Principais vias de luz em Microscopia confocal.



Fonte: Paddock; Fellers; Davidson (2024).

Existem outras técnicas de coloração de terminações nervosas em pesquisas, além da microscopia confocal a laser. O cloreto de ouro é uma dessas técnicas. Porém, além das terminações nervosas, também são coradas outras estruturas como vasos, fibroblastos e tecido adiposo, dificultando a identificação precisa das estruturas neurais. Assim, a impregnação de vasos pode dificultar a identificação de mecanorreceptores, além de dificultar a diferenciação de sua morfologia (AMIR; LOWE; FINSTERBUSH, 1995; DE AVILA *et al.*, 1989).

A coloração pela prata é de difícil manuseio e requer extensiva experiência para obter uma boa preparação tecidual. Por exemplo, para ser utilizada de forma adequada no estudo de nervos motores e sensitivos, a prata necessita de um controle rígido do nível de acidez para não impregnar outros tecidos (KENNEDY; ALEXANDER; HAYES, 1982)

## 2.5. Fisiopatologia de Lesões nas Polias dos Tendões Flexores

As lesões nas polias dos tendões flexores são uma preocupação significativa, para trabalhadores, os praticantes de atividades físicas, atletas e em geral todas as pessoas que utilizam constantemente as mãos (BERNARD, 1994). Para entender melhor a fisiopatologia dessas lesões, é fundamental compreender a anatomia e o funcionamento das polias dos tendões flexores. Estruturas retinaculares, conhecidas como polias, desempenham um papel crucial ao manter os tendões flexores da mão alinhados com os eixos articulares, contribuindo para a eficiência e economia dos movimentos de flexão dos dedos. Esse sistema é composto pelo ligamento transversal do carpo, pela polia da aponeurose palmar e pelo sistema da polia flexora digital (DOYLE, 2001; NETTER, 1990). Entre esses elementos, as polias digitais assumem uma importância particular, sendo essenciais para a flexão dos dedos, isto porque elas são responsáveis por manter os tendões próximos aos ossos, permitindo um movimento suave e eficiente das articulações. Essas polias são compostas por tecido conjuntivo denso, incluindo ligamentos e bainhas fibrosas (KLEINERT; SCHEPEL; GILL, 1981; PARDINI JÚNIOR *et al.*, 2012).

A fisiopatologia das lesões nas polias dos tendões flexores pode ser multifatorial e inclui desde um trauma agudo ocasionado por lesões traumáticas, como aquelas causadas por quedas ou impactos diretos nas mãos ou nos pés, que podem causar rupturas nas polias dos tendões flexores (COELHO, 2013; VENKATRAMANI *et al.*, 2019). Esse tipo de lesão é comum em esportes de contato ou em situações de acidentes. Outro tipo de lesão está relacionado ao estresse repetitivo, pois movimentos repetitivos que exercem pressão contínua sobre as polias dos tendões flexores podem levar a micro lesões e degeneração do tecido conjuntivo ao longo do tempo. Esse é um problema comum em atletas que realizam atividades que exigem flexão e extensão repetitiva dos dedos, como escalada, ginástica e tocar instrumentos musicais (LAPA, 2009).

**Degeneração do Tecido:** Com o envelhecimento, o tecido conjuntivo das polias dos tendões flexores pode se deteriorar, tornando-se mais suscetível a microlesões. Além disso, condições médicas como artrite reumatoide podem aumentar o risco de degeneração e enfraquecimento das polias. As lesões nas polias dos tendões flexores podem variar em gravidade, desde pequenas rupturas parciais até rupturas completas (KWAN *et al.*, 2023). Os sintomas comuns incluem dor localizada, edema, dificuldade em movimentar os dedos afetados e, em casos graves, deformidade visível. O diagnóstico preciso das lesões nas polias dos tendões flexores geralmente envolve exames clínicos, como testes de flexão e extensão dos dedos, além de exames de imagem, como ultrassonografia ou ressonância magnética.

Uma das doenças mais comuns na mão é o chamado “dedo em gatilho” ou *trigger finger* (Figura 8). Trata-se de um travamento no dedo ao se realizar uma flexão ativa. Foram identificados em alguns estudos que ocorre uma tenossinovite e alterações morfo-funcionais na polia A1, mas não há consenso sobre a verdadeira causa da doença na literatura, sendo que a sua verdadeira etiologia permanece desconhecida. O diagnóstico é puramente clínico na maior parte das vezes. O tratamento do dedo em gatilho geralmente é clínico, sendo o tratamento cirúrgico indicado nos casos mais avançados da doença (BELLOTI; SATO; FALOPPA, 2020).

Figura 8 - Dedo em gatilho (*Trigger finger*).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O tratamento das lesões nas polias dos tendões flexores pode variar dependendo da gravidade da lesão, mas geralmente inclui repouso, imobilização, fisioterapia e, em alguns casos, cirurgia reparadora. As lesões nos tendões flexores são comuns e, se não forem prontamente tratadas de forma adequada, podem resultar em complicações que comprometem a funcionalidade da mão. Embora tenham sido feitos progressos consideráveis no tratamento dessas lesões ao longo das últimas décadas, ainda há desafios a serem superados, indicando que o problema permanece sem uma solução definitiva (ARTIACO *et al.*, 2023).

## 2.6. Papel dos Mecanorreceptores e Terminações Nervosas em Distúrbios Musculoesqueléticos

Os mecanorreceptores desempenham um papel fundamental no sistema sensorial humano, sendo responsáveis por detectar estímulos mecânicos, como pressão, toque e vibração. Esses receptores estão distribuídos por todo o corpo, desde a pele até as profundezas dos tecidos musculares e articulações, localizados principalmente nas interfaces entre os ossos, permitindo que o organismo perceba e responda a uma ampla gama de estímulos físicos (PARVIZI, 2010).

Como citado anteriormente, Freeman e Wyke (1967a, 1967b), classificaram os mecanorreceptores em quatro tipos, com base na composição morfológica das células nervosas (FREEMAN; WYKE, 1967a, 1967b). O Tipo I, denominado Ruffini-like, apresenta terminações elípticas ou globulares, adaptando-se lentamente e sendo encapsuladas. O Tipo II, denominado Pacini-like, possui forma cônica ou alongada, adaptação rápida e é encapsulado em camadas semelhantes a uma "cebola". O Tipo III, conhecido como Golgi-like, consiste em terminações fusiformes, adaptando-se lentamente e sendo encapsuladas. Por fim, os receptores do Tipo IV são terminações indiferenciadas não corpusculares, compostas por filamentos amielínicos. Estes são subdivididos em terminações nervosas livres, responsáveis pela percepção da dor, e terminações eferentes amielínicas, responsáveis pela inervação motora (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação das terminações nervosas segundo Freeman e Wyke (1967).

<b>TIPO</b>	<b>MORFOLOGIA</b>	<b>FISIOLOGIA</b>	<b>ELETROFISIOLOGIA</b>
<b>I</b>	Pequeno	Cápsula delgada	Baixo limiar
Ruffini	Mielinizado	Corpúsculo globular	Adaptação lenta
<b>II</b>	Médio	Corpúsculo com	Baixo limiar
Pacini	Mielinizado	Cápsula espessa	Adaptação rápida
<b>III</b>	Grande	Cápsula delgada	Baixo limiar
Golgi	Mielinizado	Corpúsculo fusiforme	Adaptação lenta
<b>IV</b>	Muito Pequeno	Plexus	Alto limiar
Terminações Livres	Mielinizado	Terminações livres	Receptores de dor

FONTE: Freeman e Wyke (1967).

Os primeiros estudos sobre mecanorreceptores, conduzidos por Freeman e Wyke foram em gatos no ano de 1967. Eles destacaram que existiam a presença dessas estruturas em joelhos e tornozelos desses felinos. Posteriormente, pesquisas demonstraram a presença de mecanorreceptores em diversas regiões do corpo humano, incluindo joelhos, punhos, ombros,



quadril, tornozelos e pregas vocais(ÇABUK; KUŞKU ÇABUK, 2016; DA SILVA LEITE *et al.*, 2016). Esses achados ressaltam a relevância dos mecanorreceptores no sistema proprioceptivo.

As terminações nervosas desempenham um papel fundamental na regulação da função musculoesquelética da mão, sendo essenciais para a percepção de dor, sensibilidade tátil, propriocepção e controle motor. Em distúrbios musculoesqueléticos que afetam a mão, as terminações nervosas desempenham um papel crucial em diversas condições (YAM *et al.*, 2018). Terminações nervosas sensoriais na mão estão envolvidas na detecção e transmissão da dor associada a condições como artrite, tendinite, lesões traumáticas e síndromes de compressão nervosa, como a síndrome do túnel do carpo (JOSHI *et al.*, 2022). Enquanto as especializadas na pele da mão, como os corpúsculos de Meissner e corpúsculos de Merkel, são responsáveis pela sensação tátil e pela percepção de texturas, pressão e temperatura e nas proprioceptivas, como os fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi, fornecem feedback sensorial importante sobre a posição, movimento e tensão dos músculos e articulações da mão, contribuindo para a coordenação motora e estabilidade articular. E as terminações nervosas motoras na mão transmitem sinais do sistema nervoso central para os músculos, permitindo movimentos precisos e coordenados dos dedos e da mão (ABRAIRA; GINTY, 2013).

Diversos distúrbios estão relacionados a musculatura e aos tendões como a síndrome do Túnel do Carpo que é uma das condições mais comuns que afetam as terminações nervosas na mão, caracterizada pela compressão do nervo mediano no punho, resultando em dor, dormência, formigamento e fraqueza nos dedos e na mão (SHARRAK; M DAS, 2024; TURRINI *et al.*, 2005). Uma das condições artríticas, como artrite reumatoide e osteoartrite, podem causar inflamação das articulações da mão, resultando em dor e sensibilidade nas terminações nervosas. Temos, ainda, a tendinite que é caracterizada por uma inflamação dos tendões na mão podendo excitar as terminações nervosas próximas, resultando em dor localizada, especialmente durante movimentos específicos da mão e lesões traumáticas como fraturas ósseas, lesões ligamentares e lesões por esforços repetitivos podem afetar as terminações nervosas na mão, resultando em dor, disfunção sensorial e comprometimento motor (MOHAMMED; BHUTTA, 2024).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Estudar, por imunofluorescência e por microscopia confocal a laser, os mecanorreceptores e terminações nervosas livres possivelmente presentes em polias anelares dos tendões flexores das mãos.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar e avaliar a morfologia dos mecanorreceptores (MCR) e terminações nervosas livres (TNL) na polia flexora A1 do 4º dedo da mão direita;
- Proporcionar uma análise abrangente e detalhada da distribuição dos MCR e TNL ao longo da polia flexora A1, identificando suas localizações e tipos;

## **4. CASUÍSTICA E MÉTODOS**

### **4.1. Aspectos éticos**

O estudo foi conduzido de acordo com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, a qual aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo os seres humanos. Iniciou-se após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do HUWC, com o parecer CAAE 24555219.3.0000.5054 (Anexo A). O centro de estudos da PEFOCE também providenciou autorização institucional para a coleta dos ligamentos após apreciação do projeto de pesquisa (Anexo B). Foi colhido TCLE (Termo de Consentimento Livre Esclarecido) para doação das polias (Apêndice A), sendo realizadas a abordagem e a aplicação do termo em conjunto com os profissionais do BANCO DE OLHOS DO CEARÁ, na sede da PEFOCE em Fortaleza, CE.

### **4.2. Caracterização da amostra**

#### **4.2.1. Critérios de inclusão**

Foram incluídas no estudo 20 (vinte) polias flexoras A1 retiradas do dedo anelar da mão direita, provenientes de cadáveres de morte não natural, adultos e recém-chegados (com morte constatada até 12 horas, no momento da ressecção das polias), não congelados, realizados de forma aleatória, advindos da Perícia Forense do Estado do Ceará.

A captação das estruturas a serem estudadas por essa pesquisa foi realizada somente após os responsáveis legais do falecido assinarem o termo de consentimento de doação de estruturas anatômicas (polias anelares da mão) para fins de estudo e pesquisa (Apêndice A).

A confidencialidade referente aos participantes do estudo foi respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo, foi mantido em sigilo, conforme a resolução CNS 466/12 (BRASIL, 2012).

#### **4.2.2. Critérios de exclusão**

Foram excluídos do estudo os cadáveres doadores que apresentavam sinais de lesão traumática (queimados, vítimas de produtos cáusticos, infecções locais) e degenerativa (baseados no exame físico do cadáver) que dificultassem a dissecação da polia flexora A1.

#### **4.2.3. Riscos e benefícios**

Os riscos associados à pesquisa estavam relacionados ao potencial dano tecidual nos cadáveres durante a incisão e dissecação dos planos profundos, podendo resultar em comprometimento estético devido à presença de suturas visíveis na pele. Ressalte-se também

os riscos biológicos, observado na manipulação dos cadáveres e das amostras retiradas em ambiente biologicamente contaminado.

Não houve qualquer benefício direto para os participantes, no entanto, a retirada de tecidos humanos de cadáveres será útil para pesquisas científicas, como estudos anatomopatológicos, estudos forenses e desenvolvimento de técnicas médicas.

#### **4.2.4. Redução de riscos**

A mitigação dos riscos foi alcançada ao optar pela realização de uma incisão mínima, seguida por cuidadosa sutura. Além disso, foram utilizados aventais, luvas, máscaras e campos cirúrgicos para proteção individual (EPI).

#### **4.2.5. Ambiente de experimentação da coleta de material**

As disseções foram realizadas no necrotério da Coordenadoria de Medicina legal da Perícia Forense do Ceará (Comel/Pefoce), no município de Fortaleza, Ceará. As amostras foram acondicionadas em tubos de ensaio tipo Falcon padrão (5 ml), com solução salina (sofo fisiológico à 0,9%) em seu interior e armazenadas no interior de caixa de isopor pequena e em temperatura variando de 10-15°C, transportadas imediatamente para o laboratório de cirurgia experimental. As amostras tiveram tamanhos variáveis na captação, sendo posteriormente dissecadas e limpas.

As análises dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres das polias anelares com imunofluorescência e microscopia confocal foi realizada na Central Analítica da Universidade Federal do Ceará.

### **4.3. Aquisição de amostras**

Foi realizada uma incisão anterior na palma da mão direita, em sentido longitudinal e com comprimento médio de cerca de 4-5 centímetros (Figura 9). Realizou-se a abertura da aponeurose palmar (Figura 10), afastamento das estruturas anatômicas superficiais e identificado e ressecado com uso de bisturi número 3 ou 4, usando-se lâminas 15 ou 20, pinça de Adson e afastador de Farabeuf/autostático, a polia A1 do dedo anelar juntamente com as inserções fibrocartilaginosas (Figura 11A, B e C), tendo-se o cuidado de não lesionar as estruturas removidas. Posteriormente, foi feita a sutura da pele com fio cirúrgico de forma a devolver a aparência o mais próximo ao natural da pele da mão dos cadáveres doadores. Após a ressecção (Figura 12), foram realizadas medições com régua milimetrada e pesagens das

polias em balança eletrônica de precisão, marca Bioprecisa, modelo FA 2104N (Figura 13A e B).

Figura 9 - Visualização da mão direita com marcação do local da incisão.



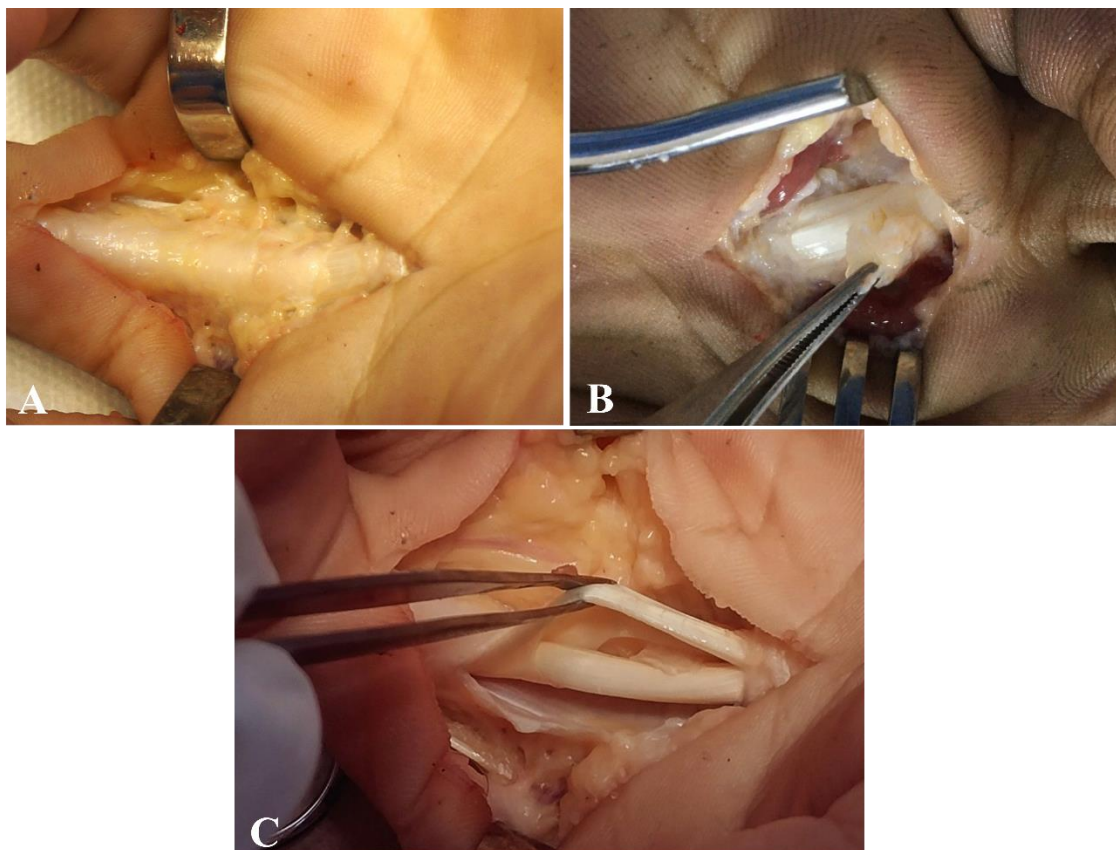
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 10 - Visualização da abertura da aponeurose palmar.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 11- A e B. Identificação e ressecção da polia A1 do dedo anelar; C. Inserções fibrocartilagosas, após o afastamento das estruturas anatômicas superficiais.



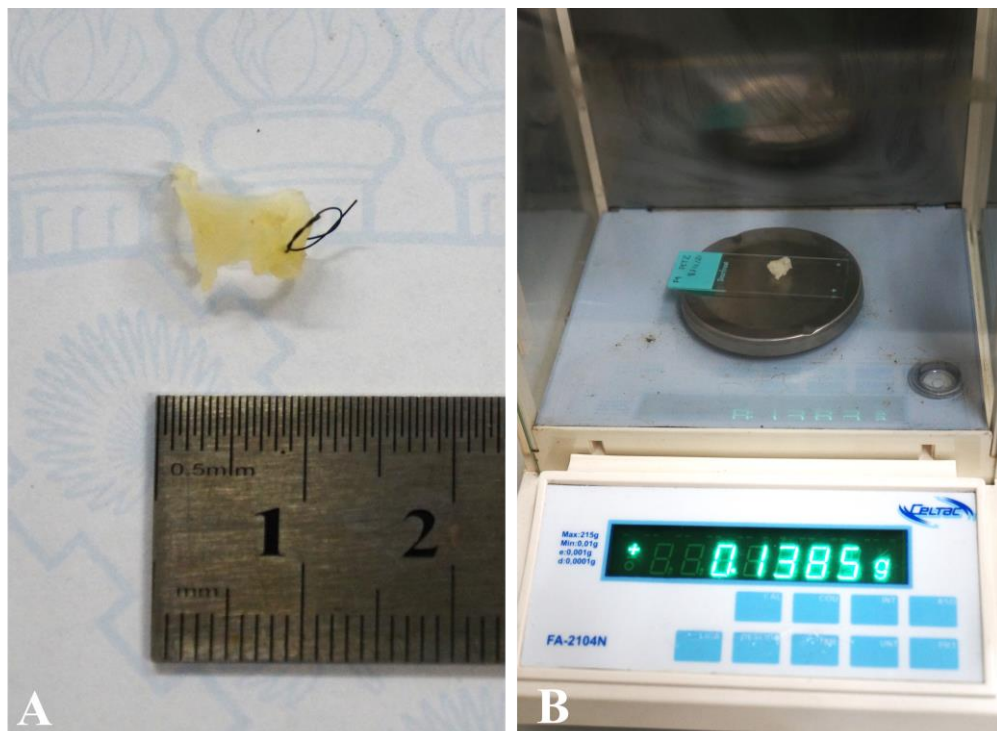
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 12 - Visualização após ressecção da polia A1.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 13 - A. Medição da polia A1 do dedo anelar; B. Pesagem das polias em balança de precisão.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

#### 4.4. Preparação dos Tecidos

Os tecidos foram emergidos em 20 mL de solução de paraformaldeído 4% em 0,1 M de tampão fosfato, pH 7.4, a 4°C por 24 a 48 horas. Após fixação, os tecidos foram removidos do fixador e realizou-se lavagens curtas e incubação em 0,1 M de PBS (tampão fosfato-salino/phosphate buffered saline) contendo 20% de tampão de sacarose para crioproteção. Os tecidos foram preparados para seccionamento no criostato ou armazenados a -70 °C no tampão de sacarose a 20% para seccionamento posterior.

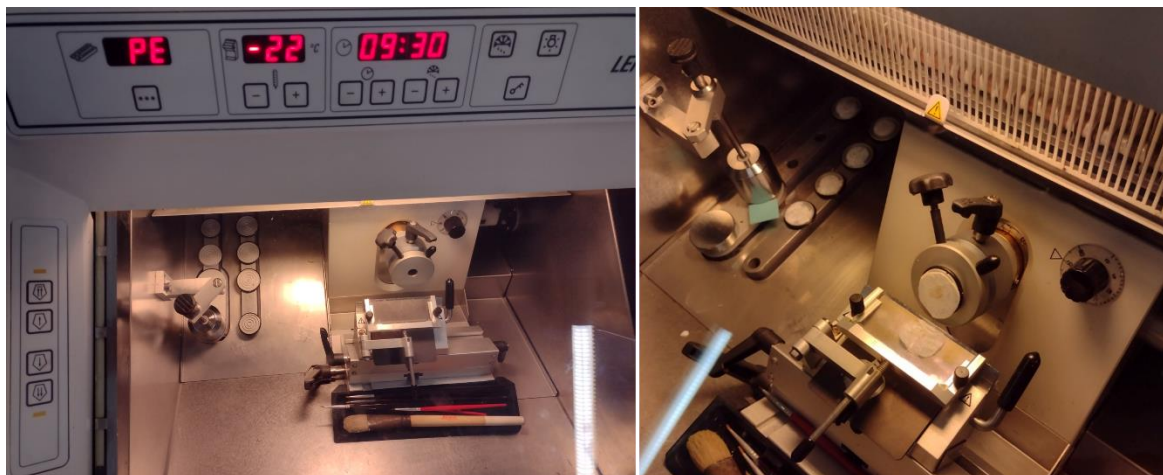
#### 4.5. Secção criostática

Os tecidos foram descongelados a temperatura ambiente (28 graus Celsius), mensurados e pesados, observando-se seus respectivos comprimentos e pesos. Os tecidos foram medidos com auxílio de régua milimetrada de 20 cm e devidamente fotografados. Cada uma das amostras do estudo foi posicionada sobre a base de suporte para a secção no criostato, alinhada na longitudinal em relação ao marco de referência do suporte, sendo então fixada utilizando como meio de inclusão para crio-seccionamento o gel *Tissue- Tek® O.C.T.™ Compound, (FR118ml, Sakura-4583)* e colocados no criostato Jung SM 3000 por cerca de 5-10 minutos, numa temperatura entre -18 °C e -24 °C ou até o gel atingir consistência sólida, para então os fragmentos serem posicionados sobre as bases e depois serem envolvidos com o mesmo gel, garantindo a aderência do fragmento a superfície do suporte para melhor secção criostática.

As bases foram montadas no criostato Jung e ajustadas a altura e direção da base do tecido em seguida fotografadas juntamente com a medida em micrometro ( $\mu\text{m}$ ). Os fragmentos foram seccionados em 50  $\mu\text{m}$  com orientação do corte longitudinal sendo inicialmente da parte proximal para parte distal (Figura 14). Os cortes foram realizados e as amostras colocados em lâminas *Immunoslide® (EasyPath®)* devidamente identificadas e reservados para a imunofluorescência (ALENCAR NETO, 2022).

Figura 14- Secções histológicas obtidas por meio de criostato Jung.





Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Foram selecionadas três amostras aleatórias dos cortes do criostato e empregado a técnica clássica laboratorial de coloração de hematoxilina de Harris (Laborclin®) e com eosina amarelada (Inlab®) para a verificação da qualidade das lâminas. Após a confecção, estas foram estudadas em microscopia óptica com aumento de 50X e objetiva de 20X.

#### 4.6. Coloração dos tecidos por imunofluorescência

Os fragmentos correspondentes às diferentes regiões da polia A1 do dedo anelar foram submetidos à análise histológica para demonstração das terminações nervosas. A preparação das lâminas seguiu o método de imunofluorescência (DE LIMA *et al.*, 2019; JEW *et al.*, 2003) com anticorpo primário PGP 9.5 e anticorpo secundário Alexa Fluor 488.

As lâminas foram lavadas quatro vezes por 15 minutos com PBS gelado (0,1M) cada, contendo 3% de Triton X-100 (TX-100) (Inlab®), surfactante não iônico, seguido de incubação por duas horas na temperatura ambiente, com solução de bloqueio contendo 4% de soro normal de cabra (Jackson Immuno Research Inc.) e 0,25% de albumina sérica bovina (Inlab®), 2% de TX-100 e 0,1M PBS.

Os tecidos foram lavados por 15 minutos, 4 vezes com PBS gelado (0,1M) cada, contendo 3% de Triton X-100 (TX-100) (Inlab®), e incubados com anticorpo primário por 18 - 20 horas a 4° graus.

O anticorpo primário utilizado foi a antiproteína PGP-*Protein Gene Product* 9.5 (Sigma-Aldrich Ltda.), diluído em 1:400 em solução consistindo em 0,5% TX-100 em 0,1 M de PBS. Após incubação a 4° C, o tecido foi mantido por 2 horas em temperatura ambiente (28 graus Celsius). Depois realizaram-se 4 lavagens por 15 minutos em PBS (0,1M), em seguida incubado em proteção de luz por 11/12 horas na temperatura ambiente com o anticorpo

secundário, marcador fluorescente Alexa Fluor 488 (Thermo Fisher Scientific Inc.), diluído em 1:200 com os diluentes do anticorpo primário. Após o período acima, e ao abrigo da luz, foram realizadas as últimas quatro lavagens, sendo: duas vezes com 0,1M de PBS por 10 min; uma vez com 0,05M de PBS por 10 min; e uma vez com água destilada. Por fim, as lâminas com os tecidos corados foram cobertas com lamínulas, utilizando *Fluoromount*<sup>TM</sup> (*Aqueous Mounting Medium*, Sigma-Aldrich Ltda.), um meio líquido utilizado para montagem de lamínulas que inibe a perda da fluorescência dos corantes, conhecido como *photobleaching*. Após esta etapa, as lâminas foram armazenadas em estojos próprios à -70 °C.

#### 4.7. Microscópio Confocal a Laser (MCL)

As secções preparadas com imunofluorescência foram examinadas com microscópio confocal a *laser* equipado com epifluorescência (Zeiss® LSM 710) usando Krypton/laser e montado no microscópio Axiovert 100M. As secções foram vistas primeiro com epifluorescência, usando um filtro de excitação (490-494 nm) para emissão de feixe (520-525nm) Dualexis –fluor 488 (Figura 15).

Figura 55 - Sistema de Microscopia Confocal a Laser acoplado ao software para a projecção da imagem.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Cada secção foi examinada no aumento de 10x para orientação dos tecidos e mapeamento das estruturas. Quando identificadas foram utilizadas objetivas de 20x para identificação de melhores detalhes. O microscópio é acoplado a um software para a projeção da imagem (KONTRON KS400).

#### **4.8. Análise Morfométrica**

Secções múltiplas foram projetadas para obter análises dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres. Depois destas projeções, elas foram salvas, configuradas, analisadas as imagens e comparadas às secções entre as diferenças dos fragmentos das polias A1. Foram estudadas as características morfológicas (classificação dos mecanorreceptores) dos nervos encontrados.

Todas as imagens foram estudadas por MCL para a presença de mecanorreceptores e terminações nervosas livres. Enfatizamos a identificação dos tipos de mecanorreceptores, bem como em sua distribuição nas polias anelares estudadas.

Após a diferenciação das terminações nervosas, estas foram classificadas de acordo com literatura especializada, em corpúsculos de Rufini, Pacini, Golgi e terminações nervosas livres (TNL) e classificadas de acordo sua forma morfológica (FREEMAN; WYKE, 1967b) (Tabela 1).

#### **4.9. Análise Estatística**

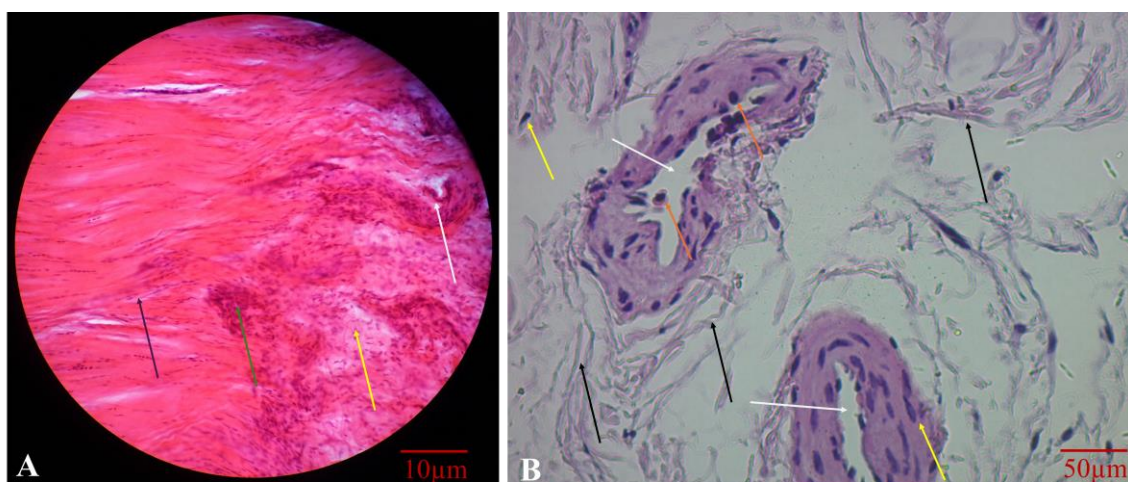
Os resultados foram expressos na forma de médias e desvio padrão após análise dos dados utilizando o *software GraphPad Prism®* (versão 6.0 para *Windows®*, *GraphPad Software, San Diego, Califórnia, EUA*, 2015). A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar diferença estatística entre as médias dos grupos em estudo.

## 5. RESULTADOS

A média de idades dos cadáveres foi de  $38,5 \pm 16,03$  anos (min. – máx.: 17 – 70 anos), com 83,33% do sexo masculino e 16,67% do sexo feminino.

Na microscopia ótica, foram evidenciadas em três lâminas retiradas aleatoriamente dos exemplares estudados e corados pela técnica de hematoxilina-eosina, estruturas de tecido conjuntivo conectivo, fibras colágenas, vasos sanguíneos e células específicas (fibroblastos, condrócitos, células endoteliais, dentre outras) (Figura 16. A e B).

Figura 6 – A e B. Coloração de uma lâmina com hematoxilina – eosina para verificar qualidade das lâminas e determinar outras estruturas histológicas e citológicas. Setas em A (roxa: tecido fibrocartilagenoso; verde – condrócitos; amarela – fibroblastos; branca – vasos sanguíneos). Setas em B (preta - tecido fibroso; amarela – fibroblastos; laranja – célula endotelial; branca – vasos sanguíneos). Aumentos de  $10\mu$  e  $50\mu$ .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

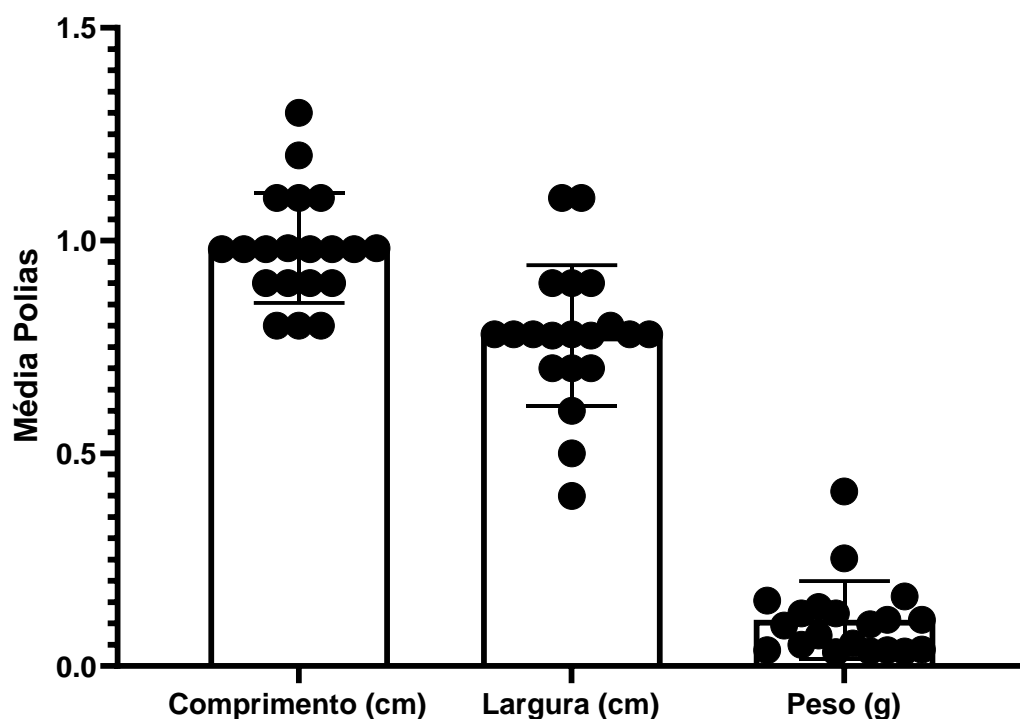
Foram analisadas 20 (vinte) polias anelares classificadas como A1 do 4º dedo da mão direita (anelar), no qual foram evidenciadas a presença de terminações nervosas livres em todas as amostras analisadas. As polias apresentaram comprimento médio de  $0,98 \pm 0,14$  cm (min. – máx.: 0.8 – 1.3cm), largura média de  $0,78 \pm 0,18$ cm (min – máx.: 0.4 – 1.1 cm) e peso médio  $0,11 \pm 0,10$ g (min – máx.: 0.03 – 0.41g) (Tabela 2 e Figura 17). As TNL tinham comprimentos e espessuras variáveis, mas não foram medidas, e se situavam na periferia das polias, sobretudo nas inserções medial e lateral em todas as amostras estudadas.

**Tabela 2** - Dados das polias anulares classificadas como A1 do 4° dedo (anelar).

<b>Polia</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>
<b>1</b>	1,10	0,70	0,0330
<b>2</b>	1,30	1,10	0,1385
<b>3</b>	0,90	1,10	0,0353
<b>4</b>	1,20	0,90	0,1538
<b>5</b>	1,10	0,80	0,1638
<b>6</b>	0,90	0,90	0,0950
<b>7</b>	0,98	0,78	0,1084
<b>8</b>	0,98	0,78	0,1084
<b>9</b>	0,90	0,60	0,0499
<b>10</b>	0,98	0,78	0,1240
<b>11</b>	0,80	0,70	0,0344
<b>12</b>	1,10	0,50	0,0720
<b>13</b>	0,98	0,78	0,0390
<b>14</b>	0,80	0,90	0,4100
<b>15</b>	0,80	0,40	0,2530
<b>16</b>	0,98	0,78	0,1240
<b>17</b>	0,90	0,78	0,0376
<b>18</b>	0,98	0,70	0,0370
<b>19</b>	0,98	0,78	0,0979
<b>20</b>	0,98	0,78	0,0528
<b>Média</b>	0,98 ± 0,14	0,78 ± 0,18	0,11 ± 0,10

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 7 - Dados das polias anulares classificadas como A1 do 4° dedo (anelar).

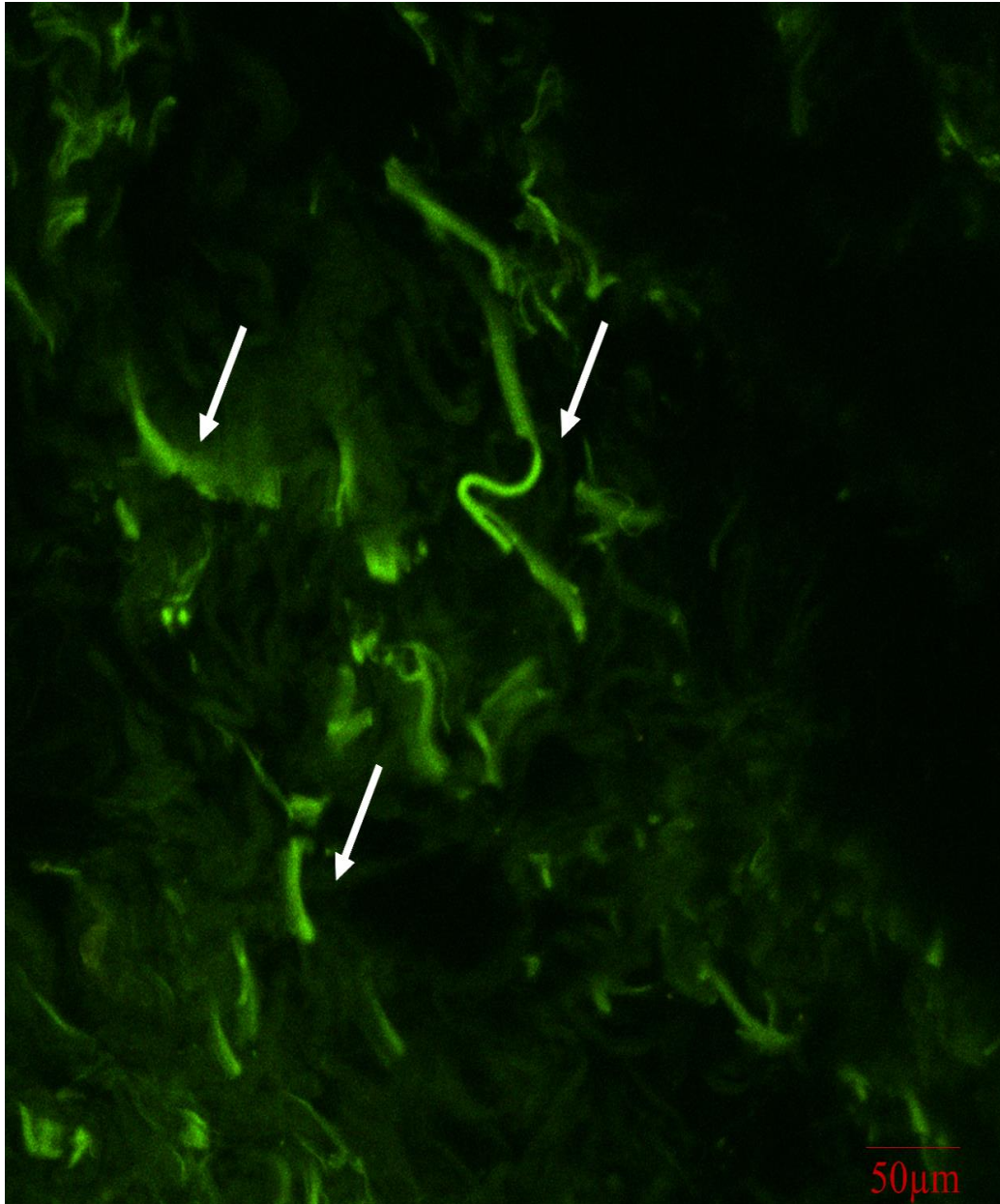


Fonte: Arquivo pessoal do autor

A análise *one-way ANOVA*, considerando a variável peso, indicou que há uma forte evidência estatística de que existe pelo menos uma diferença significativa entre as médias dos grupos em estudo ( $F(2,51) = 192.5$ ,  $p\text{-value} < 0.0001$ ). Existe uma forte correlação entre a variável peso e as variáveis comprimento e largura das polias, sugerindo que o peso, altura e largura tem uma influências significativas nos resultados observados ( $R\text{ square}$ , 0.8828).

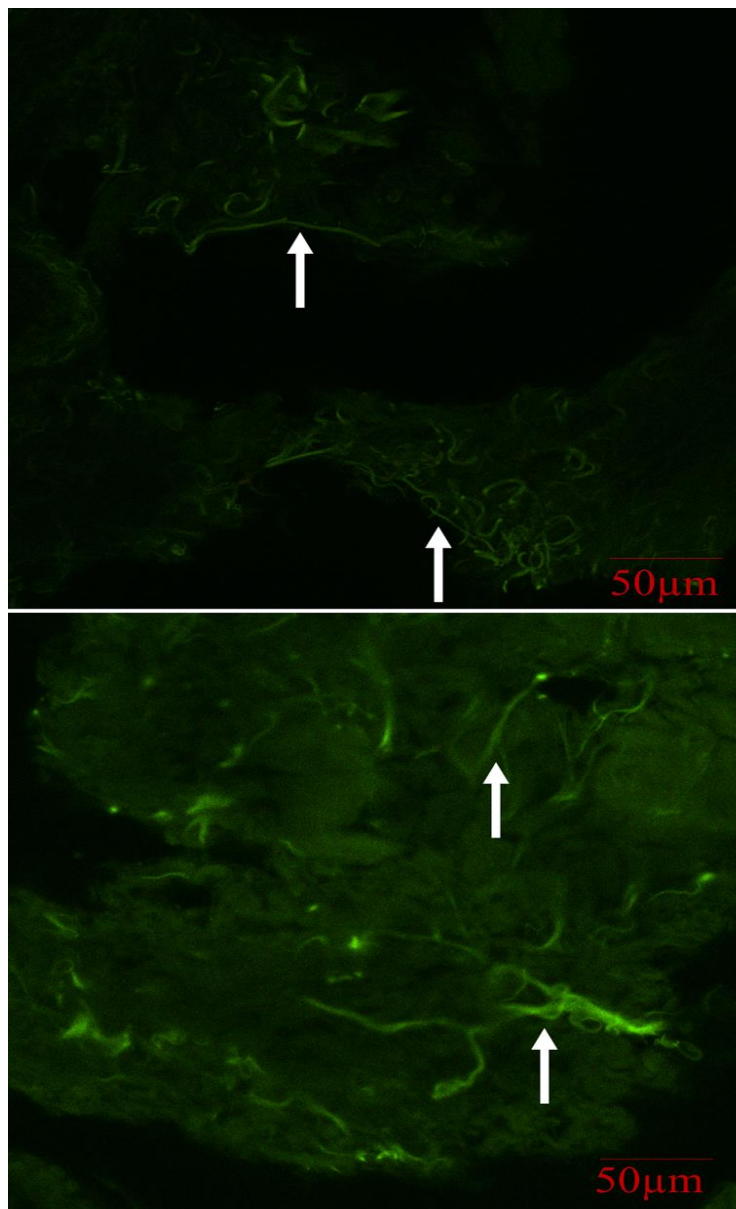
Nas análises de imunofluorescência, observou-se a presença de terminações nervosas livres (TNL) (Figura 18) em todas as amostras analisadas, as quais exibiram múltiplas formas distintas (Figura 19). Além disso, foi possível observar tecido conjuntivo fibrocartilaginoso e as terminações nervosas livres na borda da polia (Figura 20). Foram identificados mecanorreceptores tipo 1 (*Ruffini*) em alguns espécimes analisados (Figura 21).

Figura 88 - Visão geral em microscopia confocal das terminações nervosas livres. Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário).



Barra = 50µm e objetiva com aumento de 20x. Seta branca: terminações nervosas livres. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 19 - Múltiplas formas de Terminações Nervosas Livres. Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário).

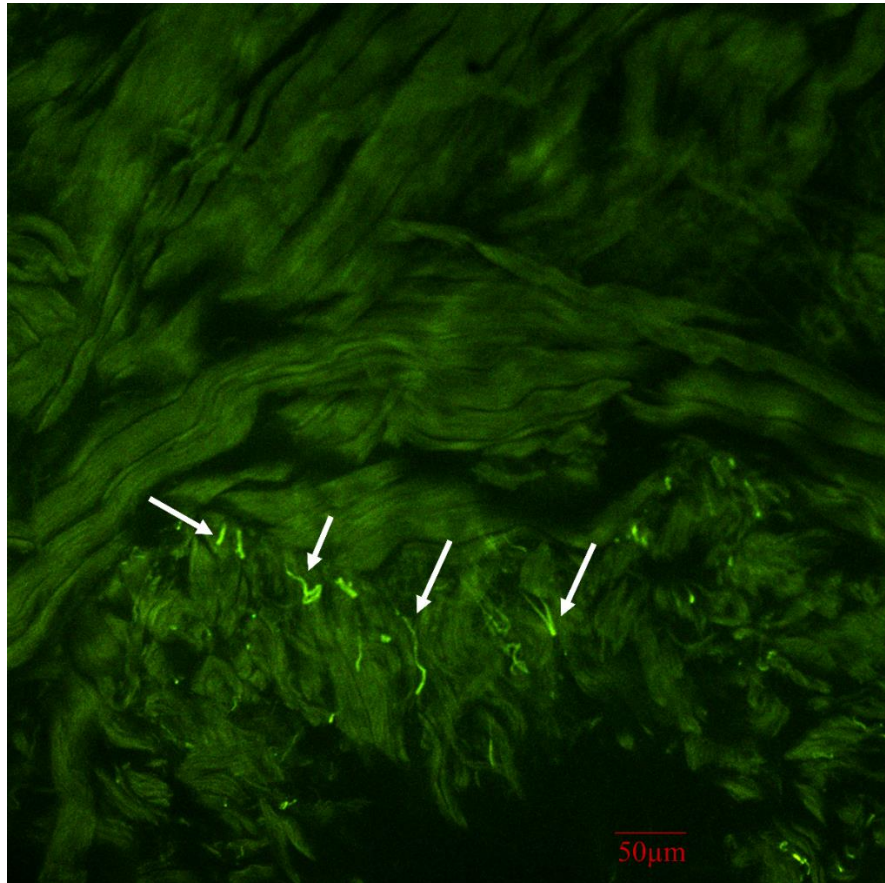


Barra = 50 $\mu$ m e objetiva com aumento de 10x (esquerda), 20x (direita) e Seta branca: terminações nervosas livres.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.



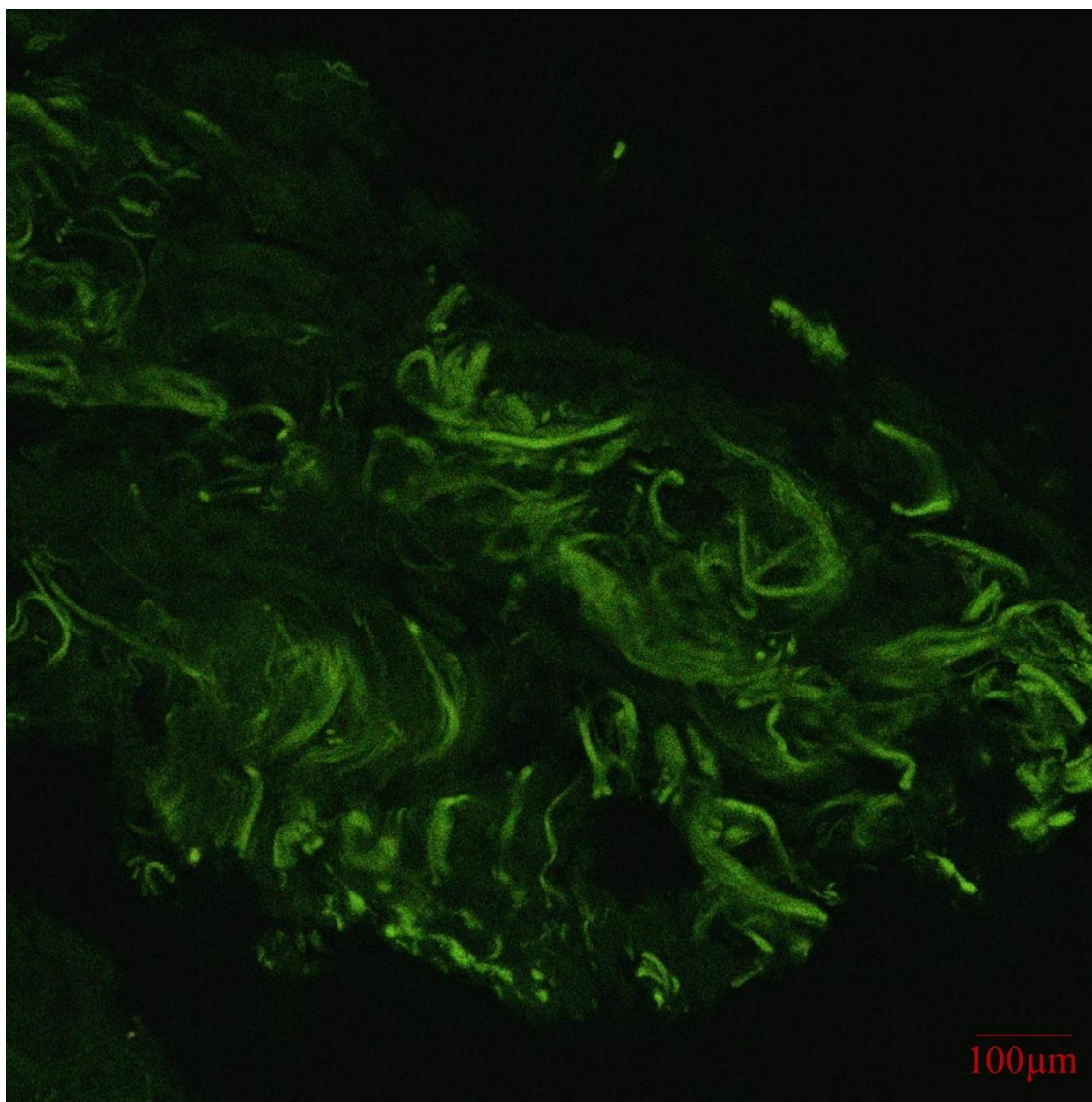
Figura 20 - Visualização do tecido conjuntivo fibrocartilagenoso e Terminações Nervosas Livre - TNL. Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e Alexa Fluor 488 (anticorpo secundário).



Barra = 50µm e objetiva com aumento de 20x. Seta branca: terminações nervosas livre

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 21 - Mecanorreceptor do tipo I (*Ruffini*). Imunofluorescência obtida com coloração de PGP 9.5 (anticorpo primário) e *Alexa Fluor 488* (anticorpo secundário).



Barra = 100µm e objetiva com aumento de 10x.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

No nosso estudo foram identificados MCR do tipo I (*Ruffini*) e TNL (tipo IV). As TNL apresentaram-se numerosas com comprimentos e espessuras variáveis, não sendo medidas, apenas visualizadas e descritas, e localizadas na periferia das polias, sobretudo nas inserções medial e lateral em todas as amostras estudadas. Os mecanorreceptores do tipo I (*Ruffini*) foram escassos e localizados próximos as inserções das polias.

## 6. DISCUSSÃO

Foi reportado que com idade superior a 60 anos tiveram uma redução de 40% a 42% dos nervos epidérmicos em comparação com adultos jovens (19–39 anos). Portanto, o número de terminações nervosas na articulação interfalângicas distais e nas estruturas adjacentes pode ser afetado pelo envelhecimento (CHANG; LIN; HSIEH, 2004). Neste estudo, a média de idades dos cadáveres foi de 38,5 anos, com máxima idade 70 anos, demonstrando que nossas amostras são em sua maioria de indivíduos jovens, gerando uma excelente amostra de estudo.

O principal achado desse estudo foi a detecção de mecanorreceptores do tipo I (*Ruffini*) e de terminações nervosas livres (tipo IV), usando-se a classificação de Freeman&Wyke, 1967, nas polias anelares A1 do 4º dedo da mão direita nos espécimes analisados. Como foi demonstrado, em todas as amostras submetidas a imunofluorescência e visualizadas pela microscopia confocal a laser encontramos TNL. Estas, apresentaram-se numerosas com comprimentos e espessuras variáveis e preferencialmente na periferia das polias, sobretudo nas inserções medial e lateral em todas as amostras estudadas. Os mecanorreceptores do tipo I (*Ruffini*) também foram encontrados, apresentaram-se de forma escassa e localizados próximos as inserções das polias.

A presença de fibrocartilagem em tendões que envolvem polias ósseas ou fibrosas é bem conhecida, mas a extensão em que a estrutura da maioria dos tendões humanos é modificada onde entram em contato com as polias é menos clara. A fibrocartilagem mostrou-se presente em 22 dos 38 locais de tendão que envolviam polias e era mais visível onde os tendões pressionavam predominantemente contra o osso em vez de retináculos e onde mostravam uma grande mudança de direção (BENJAMIN; QIN; RALPHS, 1995). No nosso estudo a presença de terminações nervosas livres nas polias acompanham os tendões flexores nas mãos e estavam presentes na região fibrocartilaginosa.

O feedback sensorial do dedo tem um papel no controle de seus movimentos manipulativos e exploratórios. Terminações nervosas encapsuladas chamadas mecanorreceptores são componentes finais de influxos aferentes e possuem órgãos finais especializados ao redor da terminação nervosa (SCHULTZ, 2001)

Chikeji et al., examinaram os mecanorreceptores de 12 articulações interfalângicas distais do dedo indicador direito de cadáveres frescos, constatando que a polia C3 continha a região proximal dos núcleos de montagem radial e de núcleo de montagem ulnar, enquanto a polia A5 continha a região média e distal. Além disso, identificaram terminações nervosas do tipo I (por exemplo, terminações semelhantes a *Ruffini*) e tipo II (por exemplo, terminações semelhantes a Pacini) (CHIKENJI et al., 2011). Em estudo com ligamento transversal do carpo

(LTC) foram identificados mecanorreceptores *Ruffini-like* (tipo I) e terminações nervosas livres (tipo IV) (DE LIMA *et al.*, 2023; LIMA, 2021). No nosso estudo foram identificados MCR do tipo I (*Ruffini*) e TNL (tipo IV).

As terminações nervosas do tipo I são globulares ou ovoides e possuem a característica de densa arborização das fibras nervosas (CHIKENJI *et al.*, 2011). Fisiologicamente, sabe-se que as terminações nervosas do tipo I são receptores de baixo limiar, de adaptação lenta, que sustentam descargas em resposta a um estímulo constante, portanto, eles são considerados receptores de estiramento (FREEMAN; WYKE, 1967) e são detectadas apenas na densa matriz de colágeno da cápsula articular e são enroladas em torno de feixes de fibrilas de colágeno (HALATA; MUNGER, 1980).

Um estudo foi conduzido para determinar a densidade e distribuição de terminações nervosas encapsuladas na coluna torácica e lombar humana. No grupo de cápsulas facetárias torácicas analisadas, foi identificada uma terminação Tipo I e quatro terminações Tipo II. Em relação às cápsulas facetárias lombares examinadas, cinco terminações Tipo I, seis terminações Tipo II e uma terminação Tipo III foram identificadas. Embora terminações nervosas livres não encapsuladas tenham sido observadas em todas as amostras, sua quantificação não foi realizada. Os resultados sugerem que as terminações nervosas encapsuladas são predominantemente mecanossensíveis e podem desempenhar um papel na transmissão de informações proprioceptivas e na proteção do sistema nervoso central em relação à função e posição das articulações (MCLAIN; PICKAR, 1998).

Estudo sobre a inervação dos meniscos, utilizando imunohistoquímica com P e PGP 9.5, identificaram mecanorreceptores do tipo I, II e IV, principalmente no terço externo e nos cornos anteriores e posteriores (MINE *et al.*, 2000). A distribuição dos mecanorreceptores nos ligamentos e tendões ao redor do joelho humano apresentaram-se localizados principalmente nos ligamentos cruzados e nas estruturas laterais, e menos frequente nas estruturas mediais (ÇABUK; KUŞKU ÇABUK, 2016).

Devido a anatomia própria dos tendões flexores, que são em número de dois (tendão flexor superficial dos dedos e tendão flexor profundo dos dedos) e que correm agrupados por boa parte do túnel-osteofibroso, eles são submetidos constantemente a movimentos de deslizamentos entre si e entre as polias (NETTER, 1990). Esses movimentos determinam uma tração nas polias, estimulando suas terminações nervosas de forma fisiológica. A partir do momento que temos doenças que envolvam os tendões flexores, fazendo com que o edema peritendinoso tracione as polias acima dos seus limiares fisiológicos, podem desencadear estímulos nociceptivos dolorosos, com manifestações clínicas típicas dos pacientes portadores

de “dedos em gatilho”(BELLOTI; SATO; FALOPPA, 2020). Daí, como demonstrado nesse estudo, a presença dessas estruturas neurais explica como se dá o aparecimento de dor nas mais diversas formas de tendinites.

A região central das polias apresenta menor potencial para lesão nociceptiva devido à falta de mecanorreceptores e terminações nervosas livres. Os mecanorreceptores *Ruffini-like* tem adaptação lenta aos estímulos e são sensíveis a estímulos mecânicos de alongamentos e deformação a tração (MACHADO; HAERTEL, 2014), explicando os achados de dor aos movimentos de flexão e de extensão dos dedos ao nível de polia A1 em pacientes portadores de tenossinovites estenosantes. O edema do tendão, associado ao atrito dos tendões infamados junto a polia A1, estimulando os MCR presentes, justificam o aparecimento da dor nociceptiva encontrada nesses casos. A presença desses mecanorreceptores oferece também *insights* importantes sobre a distribuição de receptores sensoriais nas polias e potencialmente informando abordagens de tratamento e prevenção de lesões. Esses achados são de muita importância no estudo da fisiopatologia das doenças que acometem os tendões flexores nas mãos e em técnica cirúrgica, orientando os cirurgiões onde as incisões nessas polias podem causar menos danos funcionais e nociceptivos.

### **6.1. Limitações**

O estudo sobre as polias anelares da mão e a investigação da presença de terminações nervosas livres e mecanorreceptores em cadáveres recém-chegados ao necrotério enfrenta limitações inerentes ao uso de material cadavérico. Uma dessas limitações é a possível degradação de tecidos e estruturas neurais, que podem impactar a identificação e a análise dessas componentes vitais. Além disso, a variação individual entre os cadáveres pode influenciar os resultados, especialmente considerando fatores como idade, sexo (?), histórico de doenças e a causa da morte, que podem afetar a integridade das polias e das estruturas neurais associadas. Outra limitação importante é a impossibilidade de replicar as condições biomecânicas e fisiológicas vivas em um cadáver, o que pode resultar em uma compreensão parcial das funções e das respostas dessas estruturas em condições reais de movimento e carga.

Os reagentes baseados em imunofluorescência são relativamente custosos e contam com poucos fornecedores no Brasil, o que dificulta sua obtenção e uso. Da mesma forma, o uso da microscopia confocal a laser enfrenta limitações, já que existem poucas unidades disponíveis em nosso Estado. Além disso, esses equipamentos requerem manuseio por técnicos especializados e uma manutenção dispendiosa, o que atrasa a análise das lâminas, apesar do grande interesse em nos auxiliar nesse experimento. A escassez de publicações na área,

especificamente na região anatômica das mãos, limita nossas discussões e análises comparativas. Ressaltamos também a pandemia de Covid-19, que atrasou as etapas de captação, corte e coloração das lâminas e visualização microscópica.

## **6.2. Perspectivas**

As perspectivas futuras para o desenvolvimento de estudos com cadáveres voluntários, baseando-se nos achados sobre as polias anelares da mão, são promissoras e podem abrir caminhos para diversas linhas de investigação e aplicação clínica. Inicialmente, aprofundar a compreensão sobre a distribuição e função dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres nas polias anelares pode contribuir para o desenvolvimento de técnicas cirúrgicas mais precisas e menos invasivas, visando preservar a funcionalidade neural e reduzir o risco de lesões iatrogênicas.

Além disso, estudos futuros podem se focar na variação individual das características morfológicas e neurais das polias entre diferentes populações, incluindo variações devido a idade, sexo e presença de comorbidades. Isso permitiria uma abordagem mais personalizada no tratamento de patologias que afetam os tendões flexores e as polias anelares, melhorando os resultados clínicos.

Investigações sobre a regeneração e reparo das estruturas das polias e dos tecidos neurais associados após lesões também são uma área promissora. O uso de tecnologias emergentes, como a bioengenharia de tecidos e a terapia celular, poderia ser explorado para desenvolver novas estratégias de tratamento que visem a recuperação funcional da mão após lesões ou cirurgias. Essas perspectivas destacam a importância contínua da pesquisa com cadáveres voluntários na Medicina, especialmente na compreensão e tratamento das enfermidades da mão.

## 7. CONCLUSÃO

Pode-se admitir que os objetivos primários e secundários foram alcançados.

Então, concluímos que:

- As polias A1 dos dedos das mãos apresentam estrutura nervosa periférica;
- Foram identificados mecanorreceptores *Ruffini-like* (tipo I) e terminações nervosas livres (tipo IV) em nosso estudo;
- Não foram identificadas em nosso estudo mecanorreceptores tipo *Pacini-like* (tipo II) ou *Golgi-like* (tipo III);
- Essas terminações e receptores estão localizados nas bordas lateral e medial da polia A1, próximos à inserção fibrocartilaginosa, mas ausentes nas áreas centrais e apresentam tamanhos e espessuras variáveis;
- A técnica de imunofluorescência foi eficaz na marcação de terminações nervosas da polia A1.

Há ainda muito a ser estudados sobre os mecanorreceptores e terminações nervosas livres nas estruturas articulares e tendinosas do corpo humano, sobretudo nas mãos. Acreditamos que o presente estudo, e outros que futuramente ocorrerão, poderão constituir um avanço relevante na caracterização, quantificação e localização das terminações nervosas e mecanorreceptores em estrutura anatômicas articulares e tendinosas, auxiliando no diagnóstico, fisiopatologia e beneficiando os procedimentos médicos invasivos.

## REFERÊNCIAS

- ABRAIRA, V. E.; GINTY, D. D. The Sensory Neurons of Touch. **Neuron**, v. 79, n. 4, p. 618–639, ago. 2013.
- AMIR, G.; LOWE, J.; FINSTERBUSH, A. Histomorphometric analysis of innervation of the anterior cruciate ligament in osteoarthritis. **Journal of orthopaedic research**, v. 13, n. 1, p. 78–82, 1995.
- ARTIACO, S.; BOSCO, F.; LUSSO, A.; CIOFFI, L. L.; BATTISTON, B.; MASSÈ, A. Flexor Tendon Pulley Injuries: A Systematic Review of the Literature and Current Treatment Options. **Journal of hand and microsurgery**, v. 15, n. 4, p. 247–252, set. 2023.
- BARNABÉ, P. de A.; CATTELAN, J. W.; CADIOLI, F. A. Anatomofisiologia da bainha tendínea sinovial digital dos equínos. **Ciência Rural**, v. 34, p. 619–623, 2004.
- BARTON, N. J. Experimental study of optimal location of flexor tendon pulleys. **Plastic and Reconstructive Surgery**, v. 43, n. 2, p. 125–129, 1969.
- BELLOTI, J. C.; SATO, E. S.; FALOPPA, F. Tratamento do Dedo em Gatilho. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 57, n. 06, p. 911–916, 2020.
- BENJAMIN, M.; QIN, S.; RALPHS, J. R. Fibrocartilage Associated with Human Tendons and Their Pulleys. **Journal of anatomy**, v. 187 ( Pt 3, n. Pt 3, p. 625–633, dez. 1995.
- BERNARD, C. **Introducción al estudio de la medicina experimental**. [s.l.] Unam, 1994. v. 21
- BESSA, L. A. S.; MACIEL, R. M. A importância da Psicomotricidade no Desenvolvimento das Crianças nos anos iniciais. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 12, n. 1, p. 59–78, 2016.
- BRASIL, C. N. de S. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Disponível em: <[http://www.conselho.saude.gov.br/web\\_comissoes/conep/index.html](http://www.conselho.saude.gov.br/web_comissoes/conep/index.html)>. Acesso em: 18 fev. 2024.
- ÇABUK, H.; KUŞKU ÇABUK, F. Mechanoreceptors of the ligaments and tendons around the knee. **Clinical Anatomy**, v. 29, n. 6, p. 789–795, 2016.
- CAETANO, E. B.; CAETANO, M. F. Diagnóstico e tratamento das lesões dos tendões flexores. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 7, n. 3, p. 25–27, 2005.
- CHAMMAS, M.; BORETTO, J.; BURMANN, L. M.; RAMOS, R. M.; SANTOS NETO, F. C. dos; SILVA, J. B. Síndrome do túnel do carpo-Parte I (anatomia, fisiologia, etiologia e diagnóstico). **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 49, p. 429–436, 2014.
- CHANG, Y.-C.; LIN, W.-M.; HSIEH, S.-T. Effects of aging on human skin innervation. **Neuroreport**, v. 15, n. 1, p. 149–153, 2004.
- CHIKENJI, T.; BERGER, R. A.; FUJIMIYA, M.; SUZUKI, D.; TSUBOTA, S.; AN, K.-N. Distribution of nerve endings in human distal interphalangeal joint and surrounding



structures. **The Journal of hand surgery**, v. 36, n. 3, p. 406–412, 2011.

COELHO, T. R. de F. Sintomas de DORT de acadêmicos de odontologia: uma contribuição para prevenção com ginástica laboral. 2013. **Universidade de São Paulo**, 2013.

COERT, J. H.; UCHIYAMA, S.; AMADIO, P. C.; BERGLUND, L. J.; AN, N. K. Flexor tendon-pulley interaction after tendon repair: A biomechanical study. **Journal of Hand Surgery**, v. 20, n. 5, p. 573–577, 1995.

COHEN, A. G.; KAPLAN, D. B. Thermodynamic generation of the baryon asymmetry. **Physics Letters B**, v. 199, n. 2, p. 251–258, 1987. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0370269387913694>>.

DA SILVA, J. L. B.; MUNIZ, A.; FERDINANDO, M. Trauma complexo da mão parte I: lesão vascular, lesão nervosa, lesão tendínea. **Revista AMRIGS**, 2014.

DA SILVA LEITE, J. G.; CAVALCANTE, M. L. C.; FECHINE-JAMACARU, F. V.; DE LIMA POMPEU, M. M.; LEITE, J. A. D.; COELHO, D. M. N.; DE FREITAS, M. R. Morphology of nerve endings in vocal fold of human newborn. **International journal of pediatric otorhinolaryngology**, v. 89, p. 55–59, 2016.

DE AVILA, G. A.; O'CONNOR, B. L.; VISCO, D. M.; SISK, T. D. The mechanoreceptor innervation of the human fibular collateral ligament. **Journal of anatomy**, v. 162, p. 1, 1989.

DE LIMA, D. A.; HELITO, C. P.; DE LIMA, L. L.; LEITE, J. A. D.; CAVALCANTE, M. L. C. Study of the nerve endings and mechanoreceptors of the anterolateral ligament of the knee. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 35, n. 10, p. 2918–2927, 2019.

DE LIMA, L. L.; ARIEL DE LIMA, D.; FREIRE, T. H. B.; ALMEIDA, F. A. A.; LEITE, J. A. D.; CAVALCANTE, M. L. C. Analysis of mechanoreceptors and free nerve endings of the transverse carpal ligament. **Hand**, v. 18, n. 1\_suppl, p. 62S-70S, 2023.

DOYLE, J. R. Palmar and digital flexor tendon pulleys. **Clinical Orthopaedics and Related Research®**, v. 383, p. 84–96, 2001.

DRAKE, R. **Gray s anatomia para estudantes 2a edição**. [s.l.] Elsevier Brasil, 2010.

FERNANDES, T. L.; PEDRINELLI, A.; HERNANDEZ, A. J. Muscle injury: physiopathology, diagnostic, treatment and clinical presentation. **Revista brasileira de ortopedia**, v. 46, p. 247–255, 2011.

FIORINI JUNIOR, H. **Efetividade das intervenções cirúrgicas para o tratamento do dedo em gatilho no adulto: revisão sistemática**. 2016.

FIORINI JÚNIOR, H. **Estudo anatômico da polia A1: localização por referência cutânea na superfície palmar**. 2009.

FREEMAN, M. A. R.; WYKE, B. The innervation of the ankle joint. An anatomical and histological study in the cat. **Cells Tissues Organs**, v. 68, n. 3, p. 321–333, 1967a.

FREEMAN, M. A.; WYKE, B. The innervation of the knee joint. An anatomical and

histological study in the cat. **Journal of anatomy**, v. 101, n. Pt 3, p. 505, 1967b.

GREEN, D. P. Operative hand surgery. *In: Operative hand surgery*. [s.l: s.n.]p. xxv–811.

HALATA, Z.; MUNGER, B. L. Sensory nerve endings in rhesus monkey sinus hairs. **Journal of Comparative Neurology**, v. 192, n. 4, p. 645–663, 1980.

IM, K.; MARENINOV, S.; DIAZ, M. F. P.; YONG, W. H. An introduction to performing immunofluorescence staining. **Biobanking: methods and protocols**, p. 299–311, 2019.

JEW, J.; BERGER, E.; BERGER, R.; LIN, Y.-T. Fluorescence immunohistochemistry and confocal scanning laser microscopy A protocol for studies of joint innervation. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 74, n. 6, p. 689–696, 2003.

JONES, C. W.; SMOLINSKI, D.; KEOGH, A.; KIRK, T. B.; ZHENG, M. H. Confocal laser scanning microscopy in orthopaedic research. **Progress in Histochemistry and Cytochemistry**, v. 40, n. 1, p. 1–71, 2005.

JOSHI, A.; PATEL, K.; MOHAMED, A.; OAK, S.; ZHANG, M. H.; HSIUNG, H.; ZHANG, A.; PATEL, U. K. Carpal Tunnel Syndrome: Pathophysiology and Comprehensive Guidelines for Clinical Evaluation and Treatment. **Cureus**, v. 14, n. 7, p. e27053, jul. 2022.

KATIKIREDDY, K. R.; O’SULLIVAN, F. Immunohistochemical and immunofluorescence procedures for protein analysis. **Gene Expression Profiling: Methods and Protocols**, p. 155–167, 2011.

KENNEDY, J. C.; ALEXANDER, I. J.; HAYES, K. C. Nerve supply of the human knee and its functional importance. **The American journal of sports medicine**, v. 10, n. 6, p. 329–335, 1982.

KLEINERT, H. E.; SCHEPEL, S.; GILL, T. Flexor tendon injuries. **Surgical Clinics of North America**, v. 61, n. 2, p. 267–286, 1981.

KWAN, K. Y. C.; NG, K. W. K.; RAO, Y.; ZHU, C.; QI, S.; TUAN, R. S.; KER, D. F. E.; WANG, D. M. Effect of Aging on Tendon Biology, Biomechanics and Implications for Treatment Approaches. **International journal of molecular sciences**, v. 24, n. 20, out. 2023.

LAPA, D. A. P. Diagnóstico e tratamento das principais lesões tendinosas e ligamentosas dos equinos Universidade Técnica de Lisboa. **Faculdade de Medicina Veterinária**, 2009.

Lindhoud S, Westphal AH, Visser AJ, Borst JW, van Mierlo CP. **Fluorescence of Alexa fluor dye tracks protein folding**. PLoS One. 2012;7(10):e46838. doi: 10.1371/journal.pone.0046838. Epub 2012 Oct 8. PMID: 23056480; PMCID: PMC3466183.

LIMA, L. L. de. **Análise dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres do ligamento transverso do carpo**. 2021.

LUCAS. K. Campbell, J. Roby Thomas, Laura W. Lamps, Bruce R. Smoller, L. Folpe. Protein Gene Product 9.5 (PGP 9.5) Is Not a Specific Marker of Neural and Nerve Sheath Tumors: An Immunohistochemical Study of 95 Mesenchymal Neoplasms . University of **Arkansas for Medical Sciences**, Little Rock, Arkansas, and Emory University, Atlanta, Georgia. 2003.

- MACHADO, A. B. M.; HAERTEL, L. M. Neuroanatomia funcional (Functional neuroanatomy). **Editora Atheneu, São Paulo**, 2014.
- MATSUMOTO, B. **Cell biological applications of confocal microscopy**. [s.l.] Elsevier, 2003. v. 70
- MCLAIN, R. F.; PICKAR, J. G. Mechanoreceptor endings in human thoracic and lumbar facet joints. **Spine**, v. 23, n. 2, p. 168–173, 1998.
- MINE, T.; KIMURA, M.; SAKKA, A.; KAWAI, S. Innervation of nociceptors in the menisci of the knee joint: an immunohistochemical study. **Archives of orthopaedic and trauma surgery**, v. 120, p. 201–204, 2000.
- MIYASHITA, T. Confocal microscopy for intracellular co-localization of proteins. **Protein-Protein Interactions: Methods and Applications**, p. 399–409, 2004.
- MOHAMMED, R. H.; BHUTTA, B. S. **Hand and Wrist Rheumatoid Arthritis**. In: [s.l.: s.n.]
- NETTER, F. H. Atlas of Human Anatomy/Frank H. Netter. **East Hannover, New Jersey**, v. 592, 1990.
- PADDOCK, S. W. Principles and practices of laser scanning confocal microscopy. **Molecular biotechnology**, v. 16, p. 127–149, 2000.
- PARDINI JR, A. G. Cirurgia da Mão: Lesões não-traumáticas. In: **Cirurgia da mão: lesões não-traumáticas**. [s.l.: s.n.]p. 521.
- PARDINI JÚNIOR, A. G.; BUFÁIÇAL, H. G. F.; FREITAS, A. D. de; CHAVES, A. B. Resultados funcionais e radiológicos a longo prazo da fixação percutânea das fraturas da extremidade distal do rádio. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 47, p. 31–36, 2012.
- PARVIZI, J. **High yield orthopaedics E-Book**. [s.l.] Elsevier Health Sciences, 2010.
- PEREIRA DE OLIVEIRA, T.; MIDORI SIME, M.; FIRMO BARRETO COSTA, J.; SERRAT VERGOTTI FERRIGNO, I. Estudo retrospectivo dos acidentes traumáticos da mão relacionados ao trabalho. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, v. 21, n. 2, 2013.
- PIÑA, R.; SANTOS-DÍAZ, A. I.; ORTA-SALAZAR, E.; AGUILAR-VAZQUEZ, A. R.; MANTELLERO, C. A.; ACOSTA-GALEANA, I.; ESTRADA-MONDRAGON, A.; PRIOR-GONZALEZ, M.; MARTINEZ-CRUZ, J. I.; ROSAS-ARELLANO, A. Ten approaches that improve immunostaining: a review of the latest advances for the optimization of immunofluorescence. **International journal of molecular sciences**, v. 23, n. 3, p. 1426, 2022.
- RIBAK, S.; RESENDE, M. R. de; DALAPRIA, R.; HIRATA, E.; MUQUY, M.; CORDEIRO, R. P.; ANDRADE, D. de; TOLEDO, C. S. Lesões crônicas de tendões flexores na mão: reconstrução em dois estágios. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 10, p. 5–14, 2002.
- SALADIN, K. S.; MILLER, L. **Anatomy & physiology**. [s.l.] McGraw-Hill US Higher Ed ISE, 2023.

- SCHOTT, G. D. Penfield's homunculus: a note on cerebral cartography. **Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry**. England. abr. 1993.
- SCHULTZ, S. K. Principles of neural science. **American Journal of Psychiatry**, v. 158, n. 4, p. 662, 2001.
- SHARRAK, S.; M DAS, J. **Hand Nerve Compression Syndromes**. *In*: [s.l.: s.n.]
- SILVA, S. G. da. A gênese cerebral da imagem corporal: algumas considerações sobre o fenômeno dos membros fantasmas em Ramachandran. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 23, p. 167–195, 2013.
- SOBOTTA, J. **Atlas de Anatomia Humana: Anatomia geral e sistema muscular**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2013.
- TURRINI, E.; ROSENFELD, A.; JULIANO, Y.; FERNANDES, A. da R. C.; NATOUR, J. Diagnóstico por imagem do punho na síndrome do túnel do carpo. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 45, p. 81–83, 2005.
- VENKATRAMANI, H.; VARADHARAJAN, V.; BHARDWAJ, P.; VALLURUPALLI, A.; SABAPATHY, S. R. Flexor Tendon Injuries. **Journal of clinical orthopaedics and trauma**, v. 10, n. 5, p. 853–861, 2019.
- WOLFE, S. W.; PEDERSON, W. C.; KOZIN, S. H.; COHEN, M. S. **Green's Operative Hand Surgery E-Book: 2-Volume Set**. [s.l.] Elsevier Health Sciences, 2021.
- YAM, M. F.; LOH, Y. C.; TAN, C. S.; KHADIJAH ADAM, S.; ABDUL MANAN, N.; BASIR, R. General Pathways of Pain Sensation and the Major Neurotransmitters Involved in Pain Regulation. **International journal of molecular sciences**, v. 19, n. 8, jul. 2018.
- ZAFONTE, B.; RENDULIC, D.; SZABO, R. M. Flexor pulley system: anatomy, injury, and management. **The Journal of Hand Surgery**, v. 39, n. 12, p. 2525–2532, 2014.

## ANEXO A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** OS MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES NAS POLIAS DOS TENDÕES FLEXORES DA MÃO e UM ESTUDO POR IMUNOFLOUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL

**Pesquisador:** SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 24555219.3.0000.5054

**Instituição Proponente:** Departamento de Cirurgia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.781.661

#### Apresentação do Projeto:

Serão realizados estudos em 20 (vinte) polias flexoras, denominadas como "A1", retiradas do dedo anelar da mão direita e provenientes de cadáveres de morte não natural, adultos e não congelados, realizados de forma aleatória, advindos da Perícia Forense do Estado do Ceará. A captação das estruturas a serem estudadas por essa pesquisa será realizada somente após os familiares do falecido assinarem o termo de consentimento de doação de estruturas anatômicas (polias anelares da mão) para fins de estudo e pesquisa (modelo em anexo). Será realizada uma incisão anterior na palma da mão direita, com em sentido longitudinal e com comprimento médio de cerca de 4-5 centímetros, com abertura da aponeurose palmar e afastamento das estruturas anatômicas superficiais, identificado e ressecado com uso de bisturi e pinça de Adson a polia A1 do dedo anelar juntamente com as inserções fibrocartilaginosas, tendo-se o cuidado de não lesionar as estruturas removidas. Será então suturada a pele com fio cirúrgico de forma a devolver a aparência o mais próximo ao natural da pele da mão dos cadáveres doadores. A confidencialidade referente aos participantes do estudo será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo, será mantido em sigilo, conforme a RESOLUÇÃO CNS 466/12. As amostras serão acondicionadas em tubos de ensaio e armazenadas no interior de caixa de isopor pequena e em temperatura em torno de 20-25 graus Celsius, onde serão transportadas imediatamente para o laboratório de cirurgia experimental. A análise dos

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 3.781.661

mecanorreceptores e terminações nervosas livres das polias anelares com imunofluorescência e microscopia confocal será realizada no LABCEX – Laboratório de cirurgia experimental da Famed-UFC (Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará). Critério de Exclusão: Serão excluídos os cadáveres que apresentavam sinais de lesão traumática e degenerativa que dificultem a dissecação da polia flexora A1.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

O objetivo principal deste trabalho é procurar identificar e avaliar a morfologia dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres do ligamento nas polias flexoras utilizando o método de imunofluorescência sob microscopia confocal com varredura a laser e avaliar a densidade destes em diferentes níveis de profundidade.

Objetivo Secundário:

São objetivos secundários: avaliar a distribuição espacial das TNL e MCR nas polias flexoras e dar subsídios anatômicos e fisiológicos no aprimoramento das técnicas de tratamento de determinadas doenças, cirúrgico ou não.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Apesar de apenas cadáveres serem objetos do estudo, existe risco mínimo de eventual reclamação tardia do cadáver por parte da justiça, numa eventual nova necropsia. Por isso, será feita a recomposição anatômica da pele da palma da mão doadora, com o mínimo dano anatômico e/ou estético local.

Benefícios:

O participante do estudo não receberá benefício direto com o estudo, a não ser contribuir para a confecção de novos estudos que ajudem no avanço da medicina.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa relevante.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não se aplica.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O pesquisador deve enviar o relatório final ao concluir a pesquisa.

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 3.781.661

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1427189.pdf	09/12/2019 15:37:52		Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	09/12/2019 15:37:33	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	09/12/2019 15:30:47	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AI.pdf	11/10/2019 12:23:20	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Folha de Rosto	FR.pdf	11/10/2019 12:22:15	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Broxura.pdf	17/09/2019 11:08:30	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Outros	Concordancia.pdf	02/09/2019 19:49:48	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Outros	Declaracao.pdf	02/09/2019 17:05:53	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Outros	Carta.pdf	02/09/2019 17:04:46	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Participantes.pdf	02/09/2019 16:59:45	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	02/09/2019 16:56:19	SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 18 de Dezembro de 2019

Assinado por:  
**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

## FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: OS MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES NAS POLIAS DOS TENDÕES FLEXORES DA MÃO e UM ESTUDO POR IMUNOFLORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 20			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 4. Ciências da Saúde			
<b>PESQUISADOR RESPONSÁVEL</b>			
5. Nome: SANGELO ANDRE RIBEIRO ABREU			
6. CPF: 422.447.903-63	7. Endereço (Rua, n.º): WALTER BEZERRA SA DIONISIO TORRES Apto 601 FORTALEZA CEARA 60135225		
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 85999840481	10. Outro Telefone:	11. Email: sangeloabreu@yahoo.com.br
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.			
Data: <u>17, 09, 2019</u>		 Assinatura	
<b>INSTITUIÇÃO PROPONENTE</b>			
12. Nome: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ		13. CNPJ:	14. Unidade/Orgão: Departamento de Cirurgia
15. Telefone: (85) 3366-8063	16. Outro Telefone:		
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.			
Responsável: <u>Fernando Antônio Siqueira Pinheiro</u>		CPF: <u>210 507 753-68</u>	
Cargo/Função: <u>Chefe do Departamento de Cirurgia</u>			
Data: <u>17, 09, 2019</u>		 Assinatura	
<b>PATROCINADOR PRINCIPAL</b>			
Não se aplica.			
Fernando Antônio Siqueira Pinheiro Chefe do Departamento de Cirurgia FAMED - UFC			



## ANEXO B – Carta de Anuência da PEFOCE




Secretaria da Segurança Pública e Defesa Social  
 Perícia Forense Do Estado Do Ceará  
**CENTRO DE ESTUDOS**  
**Universidade Federal do Ceará - UFC**

**AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL À REALIZAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA**

Declaro, para fins de comprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará-CEP/UFC/PROPESQ, que a PEFOCE – Perícia Forense do Estado do Ceará dispõe de toda infraestrutura necessária para realização da pesquisa intitulada "OS MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES NAS POLIAS DOS TENDÕES FLEXORES DA MÃO – UM ESTUDO POR IMUNOFLORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL" a ser realizada pelo pesquisador SÂNGELO ANDRÉ RIBEIRO ABREU.

Fortaleza, 18 de setembro de 2019.

  
 \_\_\_\_\_  
 Victor Hugo Rodrigues Alencar  
 Mestrando Legista  
 COORDENADOR GERAL  
 CENTRO DE ESTUDOS DA PEFOCE

**PEFOCE**  
 Centro de Estudos  
 Prof. José Carlos Ribeiro

**APENDICE A - Termo de consentimento Livre e Esclarecido****TERMO DE CONSENTIMENTO DE DOAÇÃO DE POLIA ANELAR DO QUARTO DEDO DA MÃO DIREITA PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_ (nome completo do familiar doador), \_\_\_\_\_ (nacionalidade), natural de \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ (estado civil), \_\_\_\_\_ (profissão), residente e domiciliado à \_\_\_\_\_, bairro: \_\_\_\_\_, cidade: \_\_\_\_\_, estado: \_\_\_\_\_, portador do RG n° \_\_\_\_\_ (n° e órgão expedidor), CPF n° \_\_\_\_\_, em pleno gozo de minhas faculdades mentais, declaro para os devidos fins que autorizo A RETIRADA DAS MEMBRANAS (POLIAS) DA PALMA DO DEDO ANELAR DA MÃO DIREITA de \_\_\_\_\_ (nome do falecido), meu (minha) \_\_\_\_\_, RG n° \_\_\_\_\_ (n° e órgão expedidor), CPF n° \_\_\_\_\_, na Perícia Forense do Estado do Ceará – Pefoce, para fins de UMA PESQUISA DE MESTRADO DE CARÁTER CIENTÍFICO, que serve para aumentar o CONHECIMENTO DA HUMANIDADE NAS ÁREAS DA CIÊNCIA E DA MEDICINA. Esta pesquisa será realizada da seguinte forma: será feito um corte na região do meio da palma da mão direita, ao nível do 4° dedo (dedo do anel – anelar), de aproximadamente 6 (seis) centímetros, para a retirada de uma membrana que envolve o tendão desse dedo;

- O corte será fechado com fios de sutura ao término do procedimento;
- Todo o processo de coleta levará cerca de 30 (trinta) minutos.

Riscos: comprometimento estético mínimo da pele presente na região da palma da mão devido à presença de fios de sutura em evidência.

Benefícios: contribuir com a ciência para uma melhor compreensão da anatomia da mão e da localização de estruturas nervosas (nervos) nas polias anelares (membranas) no interior das mãos, em um trabalho que, até então, será inédito.

**TODO O MATERIAL COLETADO SOMENTE SERÁ USADO PARA ESTA PESQUISA.**

*Todos os dados serão analisados nos laboratórios da Universidade Federal do Ceará, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente, sob qualquer circunstância. Solicitamos sua autorização para que os dados obtidos nesta pesquisa sejam utilizados em uma publicação científica, meio como os resultados de uma pesquisa são apresentados e compartilhados com*

*a comunidade científica. Caso queira, será imediatamente interrompida a coleta das polias (membranas), a qualquer momento, sem qualquer prejuízo para a família ou para a Instituição.*

*O pesquisador principal será o médico SÂNGELO ANDRÉ RIBEIRO ABREU, responsável pela coleta das membranas e pelo fechamento da ferida na palma da mão com as melhores técnicas cirúrgicas.*

*Caso seja solicitado, lhe será fornecido uma cópia do resultado dessa pesquisa.*

*Esse documento será datado em assinado em duas vias, ficando uma via com o pesquisador e a outra via será dada à família do doador.*

Qualquer dúvida pode ser esclarecida no momento da coleta diretamente com o pesquisador ou no Comitê de Ensino e Pesquisa da Universidade Federal do Ceará, que se localiza na Rua Coronel Nunes de Melo, número 1000, bairro Rodolfo Teófilo, CEP 60430-275, Fortaleza, Ceará, Fone: (85)3366.8344.

Fortaleza, Ceará, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome do responsável pela doação

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável pela doação

	Testemunha 1	Testemunha 2
Nome legível		
RG e CPF		
Assinatura		