

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

JOSÉ ATUALPA PINHEIRO JÚNIOR

**ANÁLISE DOS MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS
LIVRES DA BANDA ANTERIOR DO LIGAMENTO GLENOUMERAL
INFERIOR COM IMUNOFLUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL**

FORTALEZA

2015

JOSÉ ATUALPA PINHEIRO JÚNIOR

**ANÁLISE DOS MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS
LIVRES DA BANDA ANTERIOR DO LIGAMENTO GLENOUMERAL
INFERIOR COM IMUNOFLUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL**

Tese apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Médico-Cirúrgicas do Departamento de Cirurgia da Universidade Federal do Ceará para obtenção do grau de Doutor.

Orientadores:

Prof. Dr. José Alberto Dias Leite

Prof.^a Dr.^a Maria Luzete Costa Cavalcante

**FORTALEZA
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências da Saúde

-
- P72a Pinheiro Júnior, José Atualpa.
Análise dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres da banda anterior do ligamento glenoumeral inferior com imunofluorescência e microscopia confocal./ José Atualpa Pinheiro Júnior. – 2015.
60f.: il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Departamento de Cirurgia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas, Doutorado em Cirurgia, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Cirurgia.
Orientação: Prof. Dr. José Alberto Dias Leite; Prof.^a Dr^a Maria Luzete Costa Cavalcante.
1. Mecanorreceptores. 2. Terminações Nervosas. 3. Ligamentos. I. Título.

JOSÉ ATUALPA PINHEIRO JÚNIOR

**ANÁLISE DOS MECANORRECEPTORES E TERMINAÇÕES NERVOSAS
LIVRES DA BANDA ANTERIOR DO LIGAMENTO GLENOUMERAL
INFERIOR COM IMUNOFLUORESCÊNCIA E MICROSCOPIA CONFOCAL**

Tese apresentada à banca examinadora do
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*
em Ciências Médico-Cirúrgicas do
Departamento de Cirurgia da
Universidade Federal do Ceará para
obtenção do grau de Doutor.

Aprovada em 22/12/2015 .

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria Luzete Costa Cavalcante(UFC)

Prof^a. Dr^a. Conceição Aparecida Dornelas (UFC)

Prof.Dr. Maximiliano Aguiar Porto (UFC)

Prof. Dr. Charles Jean Gomes de Mesquita
(UNICHRISTUS)

Prof. Dr. Miguel Ricardo Barbosa Moraes

À Deus, pela vida.

Aos meus pais, José Atualpa Pinheiro Landim, in memoriam, e Maria Anélia Pinheiro, por todo esforço e dedicação durante minha vida inteira.

À minha esposa, Cláudia, pela parceria e estímulo em todos os momentos.

Aos meus filhos, Arthur e Larissa, pela renovação no desejo de continuar aprendendo e ensinando.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Alberto Dias Leite, pelo contínuo estímulo durante toda minha vida profissional.

À Professora Doutora Maria Luzete Costa Cavalcante, por contribuir com seus ensinamentos e sua dedicação na orientação da tese.

Ao Professor Titular Lusmar Veras Rodrigues, Coordenador do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação, por contribuírem com seus ensinamentos.

A Sr^a. Maria Luciene Vieira Oliveira e a Sr^a. Magda Fontenele de Sousa, secretarias do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia, pela amizade e apoio em todas as etapas.

Ao Professor Titular Manoel Odorico de Moraes Filho, diretor do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos da Universidade Federal do Ceará, por permitir a utilização do microscópio confocal.

À Professora Doutora Margarida Maria de Lima Pompeu, por permitir a utilização do criostato na preparação das lâminas.

Ao Professor Doutor Danilo Damasceno Rocha, chefe da microscopia confocal do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos da Universidade Federal do Ceará, por auxiliar na obtenção das imagens.

Dr. Eduardo Guedes Fernandes, por sua contribuição em todas as etapas do desenvolvimento da tese.

Acadêmica Dulce Maria Nascimento Coelho pela grande contribuição e dedicação ao desenvolvimento do trabalho.

Dr. Lourenço da Costa Leitão Feitosa, por ser o amigo que sempre está presente e disposto a ajudar.

À Central Analítica/ UFC, por contribuir como setor de Microscopia confocal na preparação das lâminas para estudo das densidades.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

A banda anterior do ligamento glenoumeral inferior (LGUI), possui uma importante função na estabilidade mecânica do ombro, sendo considerado o principal estabilizador estático do ombro, quando o braço encontra-se em abdução e rotação externa. Seis bandas anteriores do LGUI foram cuidadosamente dissecadas para avaliação da morfologia dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres, buscando compreender a interação do sistema proprioceptivo e mecânico do ombro. Para imunohistoquímica foi utilizado um marcador tipo PGP 9.5 (*protein gene product*) como anticorpo primário e Alexa Fluor 488 como anticorpo secundário, seguido de análise das lâminas por microscopia confocal de varredura a laser. Observou-se em todos os ligamentos corpúsculos de Meissner com diâmetros que entre 30 e 65 μm e comprimentos entre 80 e 400 μm , sendo estes descritos pela primeira vez no ligamento glenoumeral inferior; o corpúsculo de Pacini, com diâmetro entre 40 e 80 μm e comprimento entre 100 e 180 μm e terminações nervosas livres, onde as fibras apresentavam espessura entre 3 e 7 μm e comprimento entre 300 e 700 μm , além de terminações nervosas não classificadas, com formas irregulares, fusiformes e retangulares. Observamos que na banda anterior do ligamento glenoumeral inferior o predomínio de mecanorreceptores de adaptação rápida, tipo Meissner e Pacini. A densidade dos mecanorreceptores foi de aproximadamente 1,1026% ,sendo a densidade de 1,6102% quando a análise foi com profundidade entre 400 e 500 μm e de 0,6018% com maior profundidade, entre 1500 e 1850 μm . Estes achados ajudam na compreensão da fisiologia de estabilidade do ombro, onde os mecanorreceptores são estimulados através do mecanismo de pressão e vibração, bem como poderiam explicar a fisiopatologia neuronal da instabilidade glenoumeral como sendo uma deficiência da ativação do sistema aferente a ser confirmado em modelo experimental.

Palavras-Chave: 1. Mecanorreceptores. 2. Terminações Nervosas. 3. Ligamentos.

ABSTRACT

The anterior band of the inferior glenohumeral ligament (IGHL) has an important role in the mechanical stability of the shoulder and is considered the main static stabilizer of the shoulder when the arm is in abduction and external rotation. Six anterior bands of IGHL were carefully dissected from the bone attachments to describe the morphology of the mechanoreceptors and free nerve endings and to elucidate the interaction between the proprioceptive system and shoulder mechanics. For immunostaining, a protein gene product 9.5 marker was used as the primary antibody and Alexa Fluor 488 was used as the secondary antibody, followed by image examination using confocal laser scanning microscopy. All the ligament samples contained Meissner corpuscles with a diameter between 30 and 65 μm and length between 80 and 400 μm . This is the first report of these corpuscles in IGHL. Furthermore, these ligaments contained Pacinian corpuscles, with a diameter between 40 and 80 μm and length between 100 and 180 μm , free nerve endings with fiber thickness between 3 and 7 μm and length between 300 and 700 μm , and unclassified nerve endings with irregular, spindle, and rectangular shapes. The mechanoreceptors were approximately 1.2% of the area of the ligament. There was a predominance of Meissner- and Pacini-type rapidly adapting mechanoreceptors. The density of mechanoreceptors was approximately 1.1026%, and the density when the analysis was with a depth between 400 and 500 μm was 1.6102% and greater depth between 1500 and 1850 μm , was 0.6018%. These findings help to elucidate the physiology of shoulder stability, where mechanoreceptors are stimulated by pressure and vibration mechanisms and can explain the neuronal pathophysiology of shoulder instability as a deficient activation of the afferent pathway. However, this hypothesis requires to be confirmed in experimental models.

Keywords: 1. Mechanoreceptors. 2. Nerve endings. 3. Ligaments.

LISTAS ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Banda anterior do LGUI com origem na glenóide e inserção no úmero. Retângulo representa a parte do ligamento que foi estudada.	34
Figura 2- Fragmento da banda anterior do LGUI, durante realização da pesagem em uma balança analítica eletrônica.	34
Figura 3 - Fragmento da banda anterior do LGUI, durante medição	35
Figura 4 - Cortes com espessura de 50 micrometros (Criostato Leica 1850)	36
Figura 5- Mostra a sequência e direção de cortes com espessura de 50 µm	36
Tabela 1 : Média das dimensões dos ligamentos.	39
Figura 6 – Corpúsculo de Meissner cilíndrico e alongado	40
Figura 7 –Corpúsculo de Meissner achatado	40
Figura 8 – Corpúsculo de Meissner em dois níveis de corte	41
Figura 9 – Corpúsculo de Pacini com medidas.	41
Figura 10 – Terminações nervosas livres no LGUI.	42
Figura 11 – Terminações nervosas livres no LGUI com medições.	42
Figura 12 – Terminação nervosa fusiforme no LGUI.	43
Figura 13 – Terminação nervosa fusiforme no LGUI.	43
Figura 14 – Terminação nervosa de aspecto irregular no LGUI.	44
Figura 15 – Terminação nervosa de aspecto retangular no LGUI	44
Figura 16 – Vaso sanguíneo no LGUI	45
Figura 17- Cálculo da densidade das terminações nervosas	46
Tabela 2 - Relação profundidade da lamina x densidade das terminações nervosas	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C	antes de cristo
Apud	citado por
cm	centímetro(s)
<i>et al</i>	e outros
h	horas
hz	hertz
kDa	Dalton (unidade de massa atômica)
LGUI	ligamento glenoumeral inferior
mm	milímetro(s)
Mpa	megapascal
Min	minutos
MCL	microscopia confocal a laser
N	Newton
p.	página
PBS	phosphate buffered saline
PGP	protein gene product
TX	triton
UFC	Universidade Federal do Ceará
µm	micrômetros

LISTA DE SÍMBOLOS

% percentagem

+/- mais ou menos

° grau(s)

°C grau(s) Celsius

® marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	17
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
3.1 Estabilizadores do ombro	18
3.2 Propriocepção	25
3.3 Mecanorreceptores	28
3.4 Imunofluorescência	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1 Material	33
4.2 Métodos	35
4.2.1 Secção criostática	35
4.2.2 Imunofluorescência	37
4.2.3 Microscópio confocal à laser (mcl)	37
5 RESULTADOS	39
6 DISCUSSÃO	47
7 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A articulação glenoumeral é a articulação mais móvel do corpo humano e também a que mais frequentemente sofre episódios de luxação, perfazendo um total de 45% de todos os casos de luxações (KAZAR,1969), dos quais 85% são do subtipo anterior (ITOI; TABATA ,1993).

As descrições mais detalhadas sobre a doença surgiram a partir dos relatos de Hipócrates que datam de 460 a .C, . É dele a descrição da anatomia do ombro e ainda a classificação dos tipos de luxação em dois grupos: traumáticas e atraumáticas. Neer *et al* (1980) acrescentaram à classificação de Hipócrates um terceiro tipo, a luxação adquirida, causada por microtraumas repetitivos, quando ocorre um aumento do volume da articulação glenoumeral.

A articulação glenoumeral apresenta estabilizadores estáticos e dinâmicos. Os estabilizadores dinâmicos são formados pelos músculos do manguito rotador, como descreveram Cain e Mutscheler (1987), ao observarem que, durante a rotação externa, os músculos infraespinhal e redondo menor exercem importante função na estabilidade articular, conseqüentemente diminuindo a força submetida aos estabilizadores estáticos que são formados pelo complexo ligamentar, assim como também são considerados estáticos fatores relacionados à geometria articular, como anteversão da escápula, retroversão da glenóide e retroversão da cabeça do úmero. Somam-se aos estabilizadores os fatores físico-químicos tais como volume articular limitado e pressão articular negativa (MATSEN III *et al*, 1990), e ainda as estruturas capsuloligamentares, como a cápsula (GALENUS, 1968) reforçada pelos ligamentos coracoumeral, glenoumeral superior, glenoumeral médio e ligamento glenoumeral inferior (MATSEN III *et al*, 1990).

O ligamento glenoumeral inferior (LGUI) é uma estrutura complexa composta das bandas anterior e posterior e uma bolsa axilar, cuja origem parte da glenóide, do lábio glenoidal ou do colo da glenóide. A banda anterior se origina de uma área variável entre 2 e 4 horas, quando se avalia a glenóide como um mostrador de relógio, ou 330° e 30°, quando se compara a glenóide com uma circunferência, considerando também sua inserção ao nível do úmero nos mesmos parâmetros (O'BRIEN *et al*,1990; BIGLIANE *et al* ,1992).

Na posição de abdução de 90° graus e rotação externa, o LGUI é o principal responsável pela estabilidade do ombro (TURKEL *et al*,1981; WARNER *et al*,1992; O'BRIEN *et al* ,1990), tendo em vista ser nessa atitude que a luxação glenoumeral ântero-inferior ocorre com mais frequência. Esse ligamento passou a ser melhor estudado a partir dos ensaios biomecânicos de Bigliane *et al* (1992) que observaram que o rompimento ocorre em 45% dos casos na origem da glenóide, em 35%, na porção central do ligamento e em 25%, na inserção no úmero, com um estresse de 5,2 MPa . Até a sua falência, o ligamento sofreu um alongamento entre 7,23 +/-2,25% do comprimento, com uma variação de 3,36 a 10,68% (STEFKO *et al*,1997). O LGUI , quando submetido a ciclos repetitivos de alongamentos sofre um aumento no seu comprimento (POLOCK *et al*, 2000), que pode ser irreversível (NEER; FOSTER, 1980).

A articulação glenoumeral é extremamente instável e depende de uma complexa interação entre os estabilizadores estáticos e dinâmicos (URI *et al*, 2015). Este conceito de sinergismo entre ligamentos e músculos com o proposito de manter a articulação estável foi primeiramente descrito por Payr (1900 *apud* SOLOMONOW *et al*,1996). Estudos sugerem a presença de mecanorreceptores nas estruturas capsuloligamentares do ombro participando do sistema sensoriomotor medializando informações captadas por estes e enviando ao sistema nervoso central , que caracteriza o sistema aferente , assim como a capacidade da musculatura de ajudar na estabilidade glenoumeral quando estimulados pelo sistema nervoso central, que refere-se ao sistema eferente. Deficiências em ambos os sistemas aferentes e eferentes tem sido reportados em pacientes com instabilidade glenoumeral, quando danos aos estabilizadores estáticos podem diminuir a estabilidade mecânica fornecida por estes assim como diminuir a estimulação dos mecanorreceptores, gerando um déficit na propriocepção, especificamente sistema aferente, e conseqüentemente diminuir a resposta muscular e ter uma instabilidade glenoumeral. (LEPHART *et al*, 1994; MYERS *et al* , 2002; ZUCHERMAN *et al*, 2003 ; POTZL *et al* , 2004)

No homem outras estruturas foram pesquisadas para verificar a presença de mecanorreceptores, onde foram identificados na mão (CAVALCANTE *et al* , 2004; HAGERT *et al* 2007) ; no quadril (KIM, 1995; LEUNIG *et al*,2000; KAMPA *et al*,2007), no joelho (DEL VALLE *et al*,1998; REIDER *et al*,2003), no pé e tornozelo (MICHELSON; HUTCHINS,1995; AKIYAMA *et al*,1999; MORAES *et al*, 2008; WU

et al 2015) e também nas pregas vocais (LEITE , 2015), que inferem a importância dos mecanorreceptores no sistema proprioceptivo.

Recentemente algumas técnicas de imunohistoquímica têm sido desenvolvidas para realçar especificamente as terminações nervosas, e conseqüentemente melhorar a capacidade de análise das imagens. Jew *et al* (2003) idealizaram um protocolo que utiliza imunofluorescência e o PGP (*protein gene product*) 9.5 como anticorpo primário e Alexa fluor como anticorpo secundário e analisa com microscopia confocal com varredura a laser (MCL), que é uma técnica de aquisição de imagens que permite o seccionamento óptico de uma espécie através da convergência do feixe de raios luminosos para um plano focal ao longo da direção axial da lente do microscópio. Esta técnica gera um conjunto de dados tridimensionais que representam a distribuição de marcadores fluorescentes depositados ao longo de um objeto em estudo. Dessa forma, detalhes de finas estruturas são facilmente distinguidas e a resolução das imagens obtidas são excelentes, sendo ainda possível remontar as imagens com mínima deterioração.

2 OBJETIVO

Identificar e avaliar a morfologia dos mecanorreceptores e terminações nervosas livres na banda anterior do ligamento glenoumeral inferior utilizando o método de imunofluorescência sob microscopia confocal com varredura a laser e avaliar a densidade destes em diferentes níveis de profundidade.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Estabilizadores do ombro

Galenus (1968) descreveu a cápsula e a articulação glenoumeral e atribuiu alguma função para essas estruturas. Entretanto, segundo MATSEN III (1990), Flood e Sclemm foram os primeiros a descrever os três ligamentos glenoumerais

Turkel *et al* (1981) designaram a parte inferior da cápsula como ligamento glenoumeral inferior, cuja porção ântero-superior foi definida como banda superior do ligamento glenoumeral inferior, sendo o restante da cápsula chamado de bolsa axilar, dividida por ele em porção anterior e posterior, acrescentando-se que o fascículo anterior direciona-se inferiormente e curva-se posteriormente para se inserir na região do colo anatômico, enquanto a parte posterior do ligamento apresenta direcionamento anterior e cranial para se inserir no mesmo ponto. Nesse trabalho, eles demonstraram por meio de seus experimentos, que estando o braço a zero grau de abdução, o principal estabilizador é o músculo subescapular, permanecendo o ligamento glenoumeral inferior relaxado e que, ao rodar externamente o braço, o ligamento torna-se esticado, embora a bolsa axilar permaneça frouxa. Demonstraram também que, com 45 graus de abdução, o músculo subescapular, o ligamento glenoumeral médio e as fibras do ligamento glenoumeral inferior proporcionam estabilidade, isto é, com o membro superior em rotação externa, a banda superior do LGUI torna-se esticada e ocupa o terço anterior da articulação, enquanto a cápsula fica tensa, estabilizando a região inferior da articulação. Já com 90 graus de abdução, o LGUI fornece estabilidade, uma vez que a banda superior do LGUI se direciona para ocupar porção média região anterior da articulação, detendo a cabeça umeral, de modo que, mesmo que se proceda à rotação interna, não ocorre relaxamento do ligamento.

Cain e Mutscheler (1987) mostraram, através de seu modelo dinâmico, que existe uma relação entre o manguito rotador, especificamente o infraespinhal e o redondo menor, no controle da estabilidade do ombro quando este se encontra em abdução e rotação externa, ocorrendo uma diminuição do estresse submetido ao ligamento quando aumenta a força dos músculos citados, devido à tração posterior à cabeça articular .

Ferrari (1990) realizou um estudo anatômico e funcional da cápsula ântero-superior e demonstrou que os ligamentos glenoumeral superior, coracoumeral, glenoumeral médio e glenoumeral inferior apresentam, em 88% dos casos, uma aparência tipo “Z”, apresentando 12% de variação. Mostrou também que o ligamento coracoumeral apresenta-se tenso em rotação externa e relaxado em rotação interna. Este ligamento permanece tenso quando o braço está em rotação externa e abdução até 60 graus; entretanto, estando este em extensão e rotação externa, no mesmo grau de abdução, ao ser puxado inferiormente, revela estabilidade associada ao ligamento glenoumeral médio. Este ligamento auxilia a limitação da rotação externa imposta pelo ligamento coracoumeral em até 60 graus, a partir dos quais sofre encurtamento e não auxilia mais na limitação da rotação externa, continuando esta função em dependência do glenoumeral médio em até 90 graus de abdução.

O'Brien *et al* (1990) mostraram que o LGUI é uma estrutura complexa, composta das bandas anterior e posterior, com uma difusa e espessa cápsula entre elas, que foi definida como bolsa axilar, sendo chamadas estas três regiões de complexo glenoumeral inferior. O complexo do ligamento glenoumeral inferior se origina da glenóide, do lábio glenoidal ou do colo da glenóide. Existe discreta variação da localização do ponto de origem desses ligamentos, embora as origens fiquem limitadas a duas áreas distintas, podendo ser descritas como semelhantes ao mostrador de um relógio, sendo que a banda anterior se origina de uma área variando entre 2 e 4 horas e a banda posterior, entre 7 e 9. A inserção ocorre no ponto imediatamente inferior à margem articular da cabeça umeral, ao nível do colo anatômico do úmero, podendo apresentar uma de duas configurações: forma de colarinho, em que o ligamento se fixa na região inferior da superfície articular, em forma de “V”, as bandas anterior e posterior se posicionam adjacentes à superfície articular e a bolsa articular se fixa no ápice do “V”. Durante o movimento de abdução associado com rotação externa, ocorre uma tensão ao nível da banda anterior, e é essa estrutura que suporta a cabeça umeral, registrando-se um efeito “tipo corda” na banda posterior, enquanto, na rotação interna, a tensão ocorre na banda posterior, passando esta estrutura a proporcionar estabilidade ao ombro, de modo que, na banda anterior, ocorre efeito “tipo corda”. Histologicamente, o ligamento glenoumeral distingue-se do restante da cápsula, sendo a banda anterior, a bolsa axilar e a banda posterior estruturas distintas. Mesmo em casos em que não é possível distinguir macroscopicamente, existem diferenças microscópicas

comprobatórias de que a banda posterior é mais facilmente distinguível do que a anterior porque apresenta transição mais abrupta em relação à cápsula.

Warner *et al* (1992) mostraram que os ligamentos do ombro apresentam variações quanto a sua espessura e até com relação à presença ou não, a exemplo do ligamento glenoumeral superior e o médio. O ligamento glenoumeral inferior estava presente em todos os ombros, a porção anterior mostrava-se bem desenvolvida em todos os casos, e a porção posterior, em metade deles. Durante a adução e rotação neutra ou externa, o ligamento glenoumeral superior é o principal estabilizador do ombro e, quando presente, o ligamento glenoumeral médio é estabilizador secundário. Em se tratando de abdução de 45 graus em rotação neutra, a porção anterior do LGUI é o principal estabilizador; em rotação interna e externa, as porções anterior e posterior assumem o papel de principal estabilizador, com auxílio do ligamento coracoumeral e glenoumeral superior. Na abdução de 90 graus, em rotação neutra, o principal estabilizador é a porção posterior do ligamento inferior; em rotação externa, a porção anterior estabiliza principalmente quando ocorre rotação interna.

Bigliane *et al* (1992) realizaram o primeiro estudo biomecânico do ligamento glenoumeral inferior, este dividido em três partes: superior banda, bolsa anterior e bolsa posterior. Submeteram essas estruturas à distensão de forma uniaxial, utilizando o composto glenóide-ligamento-úmero. Anatomicamente, observou-se diferença nas espessuras, constatando que a banda superior foi estatisticamente mais espessa do que as bolsas anterior e posterior e que a bolsa anterior, também encontrada, apresentava-se mais espessa do que a posterior. Não foram percebidas diferenças entre o comprimento e a largura. Registrou-se falha na inserção ligamento-osso das três porções, sendo que a bolsa anterior falhou com uma força de distensão superior à banda superior e à bolsa posterior, ocorrendo também deformidade na consistência da bolsa anterior com uma força maior, normalmente com um alongamento entre 35% e 45% do comprimento do tendão. A falha do ligamento aconteceu em 40% na inserção da glenóide, em 35% na integridade do ligamento e em 25% na inserção do úmero, sendo necessário um estresse de aproximadamente 5,2 MPa para que ocorresse falência ao nível do ligamento

O'Brien *et al* (1995) estudaram a importância das estruturas capsulares na translação ântero-posterior com o braço abduzido a 90 graus e concluíram que o LGUI é o principal estabilizador da articulação glenoumeral tanto anterior como

posteriormente. A importância relativa das bandas anterior e posterior dependem do grau de extensão e flexão quando testado em rotação neutra, pois, quando o membro encontra-se em abdução de 90 graus, a banda anterior e a metade anterior do LGUI foram os principais estabilizadores ,com 0 e 30 graus de extensão, e a banda posterior e a metade posterior estabilizaram em 30 graus de flexão. Quando associado com rotação externa e interna, ocorre um aumento na importância da estabilidade tanto da banda anterior como da posterior.

Ticher *et al* (1996), ao estudarem o LGUI de oito cadáveres, submeteram estes ligamentos a uma distração uniaxial, utilizando uma força que permitiu estiramento do ligamento em 10% do seu comprimento por segundo, valor 100 a 1.000 vezes superior aos estudos previamente estabelecidos (BIGLIANE,1992). Em 54% dos casos, ocorreu falha na substância do ligamento, em 38% , na glenóide, e, em 8%, na inserção umeral.

Malicky *et al* (1996) realizaram estudos biomecânicos e demonstraram que o músculo bíceps é o principal estabilizador quando o braço se encontra com 90 graus de elevação e rotação neutra , sendo pouco efetivo quando ocorre rotação externa. Nesse momento, os músculos mais efetivos são o supraespinhal e o subescapular, já que, quando ocorre lesão destes, acontece uma elevação do deslocamento do ombro. O ligamento coracoumeral e os da zona anterior e inferior têm demonstrado uma efetiva estabilização quando o braço se encontra em rotação externa, sendo que a importância do ligamento coracoumeral vai diminuindo quando os graus de rotação externa forem aumentando progressivamente, enquanto os ligamentos da zona anterior e inferior vão-se tornando os principais responsáveis pela estabilidade.

Field *et al* (1997) observaram cinco pacientes submetidos a cirurgia de luxação recidivante do ombro e detectaram associação de lesão de Bankart e avulsão lateral da cápsula , o que foi determinado de “ LGUI-A flutuante”. O reparo da lesão de Bankart como também da cápsula lesionada apresentaram excelentes resultados, sem casos de recidiva.

Blasier *et al* (1997) avaliando os estabilizadores passivos e ativos na subluxação posterior do ombro, com o braço em flexão anterior de 90 graus, demonstraram que o ligamento glenoumeral inferior é um importante estabilizador, principalmente quando o braço se encontra em rotação interna, ocorrendo uma

diminuição de força significativa, de modo que haja subluxação quando da secção desse ligamento.

Soslowky *et al* (1997) examinaram os fatores de estabilidade contra a translação inferior com o braço próximo a zero grau de abdução, sendo os ligamentos inferior, posterior e coracoumeral responsáveis por esse suporte. Com o membro em rotação externa, o ligamento glenoumeral inferior contribui com 29 N, sendo o restante das zonas responsável por não mais do que 12 N. Em rotação neutra, o LGUI contribui com 18 N, enquanto as outras estruturas com 14 N.

Stefko *et al* (1997) propuseram um trabalho com o objetivo de determinar o estiramento da banda anterior do LGUI no momento da falência da estabilidade. Realizaram testes, simulando a manobra de apreensão com o braço em 90 de abdução e rotação externa até o sulco do bíceps estar alinhado com o tubérculo supraglenoidal. O ligamento apresentou falha quando a sua distensão alcançou uma média de 7,23 +/- 2,25% do comprimento, com uma variação de 3,36 até 10,68%, enquanto a força necessária para causar o rompimento foi, em média, 712,9 +/- 238,2N, estendendo entre 363,6 até 1136,9N. Todos os testes apresentaram rompimento ao nível da origem na glenóide, exceto um, rompido na inserção umeral.

Steinbeck *et al* (1998) estudaram a anatomia dos ligamentos glenoumerais e sua frequência em 104 cadáveres e observaram que o ligamento glenoumeral inferior apresenta-se em forma triangular, situando-se entre a glenóide, o tendão do músculo tríceps e o músculo subescapular. Em 72,1% dos casos, encontrou-se estrutura claramente definida e, em 21,1%, foi identificada apenas a sua espessura na região capsular inferior, sem uma clara definição entre as bandas anterior e posterior. A origem do LGUI foi localizada em todos os casos entre a posição de 2 e 9 horas. Em 87,6% dos casos, a origem apresentou-se entre 3 e 8 horas, tomando-se a glenóide como um mostrador de relógio.

Mcmahon *et al* (1998) estudaram o LGUI em 11 cadáveres, submetendo-os à tração, e observaram uma falência em sete deles (64%) ao nível da origem na glenóide, em dois (16%), na inserção umeral e, nos outros dois (16%), na substância ligamentar, sendo necessária uma força de $353 \pm 32\text{N}$, $250 \pm 28\text{N}$ e $213 \pm 64\text{N}$, respectivamente.

Lee *et al* (1999) realizaram experimentos em 12 ombros de cadáveres frescos, distinguindo-os pela faixa etária, sendo a média do primeiro grupo de 38,5 anos e do segundo, 74,8 anos. O comprimento médio do composto glenóide-ligamento-úmero foi de 37,3 milímetros. Nos pacientes jovens, ocorreram falências na inserção ligamento-glenóide em 40% dos casos; em 20% deles, no ligamento e, em 40%, na inserção ligamento-úmero. No grupo de pacientes idosos, ocorreram falhas em 86% dos casos na inserção ligamento-glenóide, sendo que metade destes apresentaram lesão tipo Bankart, e a outra metade falhou na região de tecidos moles do *labrum*. Houve um percentual de 14% de falha no ligamento, e não ocorreu dano na inserção ligamento-glenóide.

McMahon *et al* (1999) procuraram determinar a deformação permanente do LGUI com o ombro em abdução e rotação externa. Usaram 12 articulações glenoumerais de cadáveres frescos, quando foram individualizadas as bandas anteriores do LGUI, submetidas à tração, das quais 8 (oito) apresentaram falência na ligação com a glenóide, 5 (cinco) tiveram o rompimento do lábio com o glenóide e em 3 (três) apresentaram avulsão do ligamento com o lábio. Em 2 (dois) casos, houve falha na inserção com o úmero e, em 2 (dois) outros, ao nível da substância do ligamento. Deformação permanente ocorreu, em média, com 2,3 +/- 0,4 mm, 2,3 +/- 2,3 mm e 2,3 +/- 1,8 mm, respectivamente, para as falhas ocorridas na ligação com a glenóide, ao nível da substância do ligamento e na ligação com o úmero. Os aumentos percentuais de 2,3 +/- 1,1% , 3,2 +/- 3,2% e 1,3 +/- 0,8% ocorreram para espécies que falharam ao nível da glenóide, da substância do ligamento e do úmero, respectivamente.

Debski *et al* (1999), examinando a articulação glenoumeral, aplicaram forças anteriores e posteriores com o braço com abdução de 0, 30, 60 e 90 graus e concluíram que o LGUI , em sua porção anterior, submete-se a forças quando o membro encontra-se em abdução de 60 e 90 graus, e ainda que, em abdução de 90 graus, esta estrutura está sob máxima força, enquanto a parte posterior do LGUI carrega mínima força quando o membro encontra-se abduzido nas angulações citadas.

Brenneke *et al* (2000) realizaram estudos da região capsulo-ligamentar, simulando exame clínico. Depois de quantificados os movimentos de translação, concluíram que a translação anterior com o braço em posição neutra é primariamente contida pelo ligamento coracoumeral, enquanto, com o membro em abdução, ocorre

uma ativação das estruturas ântero-mediais e ântero-inferiores, intensificada quando se associa a rotação externa.

Pollock *et al* (2000) estudando 33 cadáveres não formolizados, submeteram as três regiões do LGUI a ciclos de tensão uniaxial de 400 ciclos, alternando os ciclos em 1 (grupo A), 10 (grupo B) e 100 (grupo C). Observaram que os altos ciclos apresentavam declínio importante da força de resposta do ligamento, ocorrendo alongamento do tendão para as três regiões, em média de 4,6+/- 2,0% para grupo A, 6,5+/- 2,6% para grupo B e 7,1+/- 3,2% para grupo C. Deduz-se, a partir dos resultados desses testes, que as cargas repetitivas induzem frouxidão do ligamento, interferindo também na força de resposta do ligamento e nas medidas do comprimento do tendão.

Mcmahon *et al* (2001) estudando 11 bandas anteriores do ligamento glenoumeral inferior, e demonstraram que ocorre deformidade irreversível da ordem de $0,10 \pm 0,16$ mm ao nível da junção osso-*labrum*, de $0,38 \pm 0,23$ mm na junção ligamento *labrum*, de $0,53 \pm 0,23$ mm na substância do ligamento e de $0,04 \pm 0,1$ mm na inserção umeral, quando ocorre a falência do complexo ligamentar, tendo esse autores defendido que, no momento da reparação, se deve restaurar o comprimento do ligamento.

Pinheiro Júnior *et al* (2003) estudaram-se 20 ligamentos glenoumerais, mais especificamente a sua banda anterior, divididos em dois grupos; Grupo I, ligamento com origem e inserção óssea, e Grupo II, parte média do ligamento. Realizou-se tração uniaxial em máquina desenvolvida no Departamento de Física da UFC, quando se propôs um modelo para explicar o comportamento dos ligamentos, a partir da associação de molas em série, utilizando-se a Lei de Hooke para avaliação na fase elástica e a Lei Exponencial *stress-strain*, para a fase de rigidez. As constantes do ligamento foram 10,507 N/mm para o grupo I e 13,80 N/mm para o Grupo II, enquanto na fase de rigidez, obtiveram os valores de 511,56 N/mm para o Grupo I e de 156,84 N/mm para o Grupo II. No estresse de até 15N (0,25 Mpa), semelhante a microtraumas de 1,5Kgf, a parte central do ligamento é a mais elástica, o que explica a deformidade e alongamento da parte media do ligamento.

3.2 Propriocepção

O membro superior é inervado pelo plexo braquial, que é formado por ramos ventrais dos quatro nervos cervicais inferiores (C5,C6,C7,C8) e pelo primeiro nervo torácico(T1). Os ramos ventrais do quinto e do sexto nervos cervicais (C5-C6) formam o tronco superior; o ramo anterior do sétimo nervo cervical (C7) forma o tronco médio; e os ramos anteriores do oitavo nervo cervical e do primeiro nervo torácico (C8-T1) formam o tronco inferior. Os três troncos dividem-se em dois ramos, um anterior e um posterior, que formam os fascículos. Os ramos anteriores dos troncos superiores e médio formam o fascículo lateral; o ramo anterior do tronco inferior forma o fascículo medial; e os ramos posteriores dos três troncos formam o fascículo posterior. Este fascículo se subdivide nos ramos terminais e formam os nervos axilar (C5 e C6) e nervo radial (C5,C6,C7,C8 e T1), que são responsáveis pela inervação da parte inferior do ombro (MACHADO ; HAERTEL,2014).

Gelber *et al* (2006) mostraram que os nervos responsáveis pela inervação do ligamento glenoumeral inferior são o nervo axilar em aproximadamente 95.08% das vezes e o nervo radial em 3.28% dos casos.

Machado e Haertel (2014) descreveram os nervos como estruturas esbranquiçadas constituídas por feixes de fibras nervosas, reforçadas por tecido conjuntivo, que unem o sistema nervoso central aos órgãos periféricos. Podem ser espinhais ou cranianos, conforme esta união se faça com a medula espinhal ou com o encéfalo. A função dos nervos é conduzir, através de suas fibras, impulsos nervosos do sistema nervoso central para a periferia (impulsos eferentes) e da periferia para o sistema nervoso central (impulsos aferentes). Em suas extremidades periféricas, as fibras nervosas modificam-se, dando origem a terminações nervosas, que podem ser de dois tipos: sensitivas ou aferentes e motoras ou eferentes. Os receptores sensitivos distinguem-se morfológicamente em dois grupos: os receptores especiais, que fazem parte dos chamados órgãos especiais como visão, audição, gustação, olfato e equilíbrio; e os receptores gerais, que respondem a diferentes estímulos como tato, temperatura, dor e postura corporal ou propriocepção.

Segundo Machado e Haertel (2014) os mecanorreceptores são estruturas nervosas sensíveis a estímulos mecânicos, ou seja, vibração, pressão e toque. Em geral apresentam uma estrutura mais simples que os receptores especiais, podendo, do ponto

de vista morfológico, serem classificados em dois tipos: livres e encapsulados, conforme tenham ou não capsula conjuntiva.

Lephart *et al* (1994) realizaram avaliação proprioceptiva em ombros de pacientes saudáveis, ombros com anterior instabilidade e ombros instáveis que foram reparados cirurgicamente. Os resultados revelaram diferenças significativas entre os ombros dos pacientes com instabilidade quando comparado com ombro contralateral, e que não apresentaram diferenças significativas entre os pacientes com ombro estável e com ombros que foram submetidos a tratamentos cirúrgicos quando comparados com os ombros contralaterais dos mesmos pacientes. Este trabalho evidencia que ocorrem alterações proprioceptivas quando ocorrem alterações capsuloligamentares e que o reparo cirúrgico restaura as características proprioceptivas.

Guanche *et al* (1995) estudaram a existência do arco reflexo entre a capsula glenoumeral e vários músculos ao redor do ombro em felinos. Identificaram três ramos do nervo axilar e realizaram eletroestimulação e observaram atividades eletrofisiológicas nos músculos, entretanto após transecção dos ramos do nervo axilar não ocorreram mais respostas dos músculos correspondentes. A existência do arco reflexo dos mecanorreceptores com a cápsula articular e os músculos da articulação confirma a existência do conceito de sinergismo entre os estabilizadores passivos e ativos do ombro.

Tibone *et al* (1997) avaliaram o caminho da propriocepção em pacientes com ombros estáveis e instáveis com estímulos corticais somatosensorial. Estruturas intraarticulares foram analisadas: ligamento glenoumeral inferior, ligamento glenoumeral médio, tendão subescapular, tendão do bíceps, tendão supraespinhal, cápsula, lábio da glenóide. As estruturas intraarticulares foram estimuladas com eletrodo monopolar e foram avaliadas a amplitude e latência das respostas de três grupos de pacientes: sem patologia intraarticular, instabilidade anterior com lesão de Bankart e instabilidade anterior com frouxidão ligamentar. Não ocorreram diferenças estatísticas quando os três grupos foram comparados, o que concluíram que o sistema proprioceptivo permanecia íntegro.

Myers *et al* (2002) mostraram que lesão da capsula articular afeta não apenas restrição mecânica, mas também altera as características proprioceptivas comprometendo respostas musculares, e que apesar do objetivo dos procedimentos

cirúrgicos terem sido restaurar a biomecânica, esses procedimentos também restauraram o déficit proprioceptivo que existe com a lesão da articulação.

Blefar *et al* (2002) realizaram estudo da propriocepção e função do ombro após capsuloplastia térmica, quando utilizaram ponteira de radiofrequência monopolar para desnaturação e encurtamento capsular em vinte pacientes com instabilidade do ombro anterior, ântero-inferior e multidirecional. Hipotetizaram que este mecanismo poderia danificar os mecanorreceptores afetando sua função e propriocepção. Concluíram que não ocorriam alterações na propriocepção e função dos ombros destes pacientes.

Swanik *et al* (2002) avaliaram o efeitos do treinamento pliométrico em 24 nadadoras femininas após realizarem treinamento durante seis semanas, o que sugere que este tipo de treinamento pode melhorar adaptação neural, propriocepção, cinestesia e melhora das características musculares.

Zucherman *et al* (2003) estudaram a propriocepção na instabilidade do ombro e após o tratamento cirúrgico. Os pacientes foram avaliados uma semana antes da cirúrgica, seis meses depois e um ano depois e compararam com o ombro contralateral. Verificaram um significativo déficit antes da cirurgia, uma melhora de 50 % com seis meses de pós-operatório e uma melhora completa com um ano de cirurgia.

Potzl *et al* (2004) avaliaram os ombros de 14 pacientes com instabilidade recorrente anterior pré-operatório e reavaliaram com mínimo 5 anos pós-operatório e foram comparados com pessoas com ombro normal, e demonstraram que ocorria uma melhora significativa na propriocepção dos ombros.

Myers *et al* (2004) estudaram alterações na resposta muscular em pacientes com instabilidade glenoumeral e concluíram que em adição à deficiência capsuloligamentar e proprioceptiva na instabilidade glenoumeral, ocorre também alterações na ativação da resposta muscular. A supressão da ativação do manguito rotador, ativação lenta do bíceps braquial e diminuição da ativação do peitoral maior devem contribuir para novos episódios de luxação neste grupo de pacientes.

Wang e Flatow (2005) realizaram estudo para elucidar a patomecânica da instabilidade do ombro e concluíram que os achados da ciência tem demonstrado um melhor entendimento no papel do complexo capsuloligamentar na estabilidade do ombro e que recentes estudos da cápsula tem gerado dados promissores, entretanto

novos estudos serão necessários para determinar a magnitude e mecanismo da potencial de transmissão de estímulos da cápsula e a resposta dos estabilizadores estáticos e dinâmicos do ombro.

Rokito *et al* (2010) descreveram a recuperação da força e da propriocepção após cirurgias abertas para instabilidade glenoumeral anterior quando comparou dois métodos cirúrgicos. Foram avaliados 55 pacientes, sendo trinta no grupo I, submetido à capsuloplastia de Neer e 25 pacientes no grupo II, submetido à reconstrução capsulolabral pela técnica de Jobe, ambos realizaram reparo da lesão labral com ancoras. Este estudo demonstrou que existiam déficits importantes da força e da propriocepção antes das cirurgias, e que foram completamente reestabelecidos após um ano de cirurgia.

Edouard *et al* (2014) avaliaram a deficiência do controle sensoriomotor em pacientes com instabilidade anterior do ombro em 32 pacientes com instabilidade pós-traumática, sendo treze em ombros dominantes e dezenove em ombros não dominantes e concluíram que existe uma deficiência no controle sensoriomotor, principalmente quando a instabilidade anterior está associada com o ombro dominante.

Uri *et al* (2015) estudaram a cinemática dos membros superiores em pacientes que foram submetidos a tratamentos cirúrgicos via artroscópica ou via aberta e compararam com pessoas saudáveis. Concluíram que a qualidade dos movimentos da propriocepção nos pacientes que foram submetidos à cirurgia artroscópica, foram semelhantes aos do grupo controle, entretanto os pacientes que realizaram cirurgias abertas apresentaram resultados inferiores.

3.3 Mecanorreceptores

Freeman e Wike (1967) classificaram os mecanorreceptores em quatro tipos, de acordo com a composição morfológica das células nervosas. Tipo I são globulares ou ovoides, apresentam função de adaptação lenta, são encapsulados e são denominados terminações de Ruffini, corpúsculos de Golzi-Mazzoni e corpúsculos de Meissner; Tipo II são cônicos e alongados, apresentam adaptação rápida, são encapsulados e são denominados corpúsculos de Pacini e corpúsculos de Krause; Tipo III são fusiformes, apresentam adaptação lenta, são encapsulados e são denominados terminações de Golgi

e corpúsculos de Golzi-Mazzoni. Os receptores do tipo IV são terminações indiferenciadas não corpusculares, compostas por filamentos amielínicos, divididos em terminações nervosas livres, responsáveis pela dor, e terminações eferentes amielínicas, responsáveis pela inervação motora.

Halata (1975) descreveu uma classificação morfológica baseada nos mecanorreceptores da pele, dividindo em três tipos: Tipo I se caracteriza por terminações nervosas com ausência de células de Schwann e incluem as terminações nervosas livres e Merkel; Tipo II representam terminações nervosas bulboides e são revestidas com lamelas e células de Schwann, que são os corpúsculos de Meissner e terminações nervosas na pele; Tipo III que são células encapsuladas com núcleo interno, sendo os casos dos corpúsculos de Golgi e Pacini.

Bresh *et al* (1995) estudaram os mecanorreceptores dos ligamentos glenoumerais médios e inferiores dos ombros humanos com o objetivo de desenvolver uma técnica para avaliar os mecanorreceptores e realizar descrição destes. Foram utilizados cinco cadáveres frescos e utilizado uma técnica descrita por Zimny (1986) com triton X100 /cloreto de ouro e visualizado com microscopia óptica, sendo os receptores classificados de acordo com Freeman e Wyke (1967). Foram demonstrados receptores tipo I (Ruffini) e III adjacente ao labrum e receptores tipo II e IV foram encontrados no corpo dos ligamentos.

Vangsness *et al* (1995) realizaram histologia neural nos ligamentos de ombros , no lábio glenoidal e bursa subacromial sendo utilizado para estudo coloração com cloreto de ouro. Dois tipos de mecanorreceptores, Ruffini e Pacini, e terminações livres foram encontrados nos ligamentos glenoumerais superior, médio e inferior, além dos ligamentos coracoacromial e coracoclavicular. Apenas terminações nervosas livres foram encontradas no labrum glenoidal.

Solomonow (1996) estudaram os mecanorreceptores e o arco reflexo em ombros de felinos , quando estimularam ramos dos nervos supraescapular e subescapular e observaram respostas com eletromiografia dos músculos bíceps e musculo infraespinhal quando o nervo supraescapular foi estimulado e dos músculos bíceps, subescapular, infraespinhal e supraespinhal quando o nervo subescapular foi estimulado. Entretanto quando os nervos foram seccionados toda resposta foi abolida, o que comprova a existência do arco reflexo. Após dissecação anatômica da cápsula e coloração com

cloreto de ouro, foram observados terminações nervosas livres, corpúsculos tendinosos de Golgi, receptores de Ruffini e corpúsculos de Pacini.

Morisawa (1998) estudou os ligamentos coracoacromiais removidos em cirurgias e utilizou coloração com cloreto de ouro e estudou a distribuição dos mecanorreceptores e a modificação com a idade. No ligamento coracoacromial foram encontrados quatro tipos de terminações nervosas: corpúsculos de Pacini, receptores de Ruffini, receptores tipo Golgi e terminações livres. Além desses, foram observados corpúsculos de Pacini e receptores de Ruffini de morfologia não típica, assim como terminações nervosas livres não classificadas. Ocorreram diminuição dos mecanorreceptores com o avançar da idade, mas as terminações nervosas não típicas e não classificadas estavam presentes em todas as idades .

Ejnisman *et al* (2002) realizaram estudo no ligamento glenoumeral inferior em dezoito cadáveres no sentido de avaliar o número, a distribuição e a classificação dos mecanorreceptores de acordo com a lado e a idade, utilizando análise digital imunohistoquímica pela técnica da antiproteína S100. Foram utilizadas duas classificações, segundo a morfologia (FREEMAN E WYKE, 1967) e baseado na morfologia e no tamanho das estruturas nervosas (DEL VALLE *et al*, 1998). Foram encontrados 1.197 mecanorreceptores nos ligamentos glenoumerais inferiores, sendo que pela classificação de Del Valle *et al* (1998) os mecanorreceptores tipo lamelares foram os mais frequentes, com 38,1%. Os mecanorreceptores encontrados foram mais frequentes nas porções mais proximais do lábio glenoidal.

Steinbeck *et al* (2003) estudaram histologia neural na banda anterior do ligamento glenoumeral inferior em onze pacientes usando técnica de impregnação com prata. Entre as fibras de colágeno foram encontradas pequenas fibras mielinizadas e não mielinizadas. A presença de estruturas nervosas como corpúsculos de Ruffini nos ligamentos, mostra a importância destes na estabilidade. Estes mecanismos de ativação que os estabilizadores estáticos são expostos, são um pré-requisito para ativação do reflexo muscular. Concluiu-se que a ruptura destas estruturas podem reduzir o feedback e a qualidade da propriocepção e diminuir a estabilidade do ombro.

Grandis *et al* (2007) estudaram os mecanorreceptores dos ligamentos mediais e laterais do ombro de cães e obtiveram um melhor entendimento do papel dos ligamentos na estabilidade em ombros de cães, a partir dos resultados onde encontraram

mecanorreceptores utilizando cloreto de ouro. Três distintos mecanorreceptores foram identificados: receptores de Ruffini, corpúsculos de Pacini e receptores de Golgi, sendo sua prevalência maior na porção glenoidal.

3.4 Imunofluorescência

O PGP 9.5 policlonal é também conhecido como hidrolase-1 carboxil-terminal ubiquitina (UCH-L1), consiste numa proteína de 27 kDa originalmente isolada em extratos de cérebro total (JACKSON *et al* (1981) apud CAMPBELL *et al* (2003), que pode ser utilizado como anticorpo primário para coloração imunohistoquímica, que permite a visualização de antígenos através da aplicação sequencial de um anticorpo específico (anticorpo primário) ao antígeno , um anticorpo secundário ao anticorpo primário, um complexo enzimático e substrato cromogênico. Inicialmente pensava-se que a expressão PGP 9.5 estava estritamente limitada aos neurônios e células neuroendócrinas, entretanto foi posteriormente descrita no epitélio tubular renal distal, espermatogonia, células de Leydig, oócitos, melanócitos, epitélio secretório da próstata, células de ductos ejaculatórios, epidídimo, células epiteliais mamárias,, fibroblastos dérmicos e células de Merkel.

Jew *et al* (2003) uma técnica confiável para examinar e rotular as estruturas neurais de tecidos moles de estruturas articulares e desenvolveu testes em punhos humanos. O protocolo desenvolvido empregou um processo imunohistoquímico com um marcador neural (PGP 9.5) como anticorpo primário e o Alexa Fluor 488 como anticorpo secundário. As imagens foram feitas usando microscopia confocal de varredura a laser que produziu imagens detalhadas em três dimensões de terminações nervosas dos ligamentos do punho obtidos de cadáveres humanos.

Lin *et al* (2006) publicaram um estudo preliminar de terminações nervosas do ligamento radiocarpal dorsal da articulação de quatro punhos de dois cadáveres frescos. Os tecidos foram fixados, seccionados em criostato e processados com imunohistoquímica fluorescente usando o anticorpo primário PGP 9.5 e um anticorpo secundário Alexa flúor 488. As lamínas foram avaliadas com microscopia confocal a

laser e as imagens analisadas. As imagens foram mapeadas, medidas e categorizadas como tipo I (tipo Ruffini), tipo III (Golgi) e tipo IV (terminações nervosas livres)

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Material

Foram obtidos 06 ligamentos glenoumerais inferiores em sua porção anterior, provenientes de 06 cadáveres congelados, não reclamados, todos adultos do sexo masculino, com idade aproximada entre 20 e 40 anos, sendo a escolha do ombro realizada de forma aleatória, excluídos aqueles que apresentavam sinais de lesão traumática e degenerativa. Todos os cadáveres encontravam-se congelado a uma temperatura de 20° C negativos, sendo descongelados à temperatura ambiente. Foi obtida a autorização do Comitê de Ética em Pesquisa do Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará, sendo aprovado com o número 443.172 datado de 31/10/2013.

Foi realizada uma incisão deltopeitoral, com afastamento das fibras musculares do deltóide lateralmente e do peitoral medialmente, seguido da divisão do músculo subescapular e da cápsula, onde a seguir foi feita uma incisão ao nível da cápsula junto da inserção umeral, onde foi identificado e ressecado a banda anterior do ligamento glenoumeral inferior, sendo realizado a medição do ligamento. Cada fragmento após isolado ou era preparado para secção criostática ou era estocado a - 70° graus em 20% de sacarose para secção em outro momento.

Foi identificado a parte medial dos ligamentos, sendo seccionado aproximadamente 2 cm (Figura 1), a partir da parte medial junto à glenóide até a parte medial, sendo que a seguir foram feitas medidas de pesos (Figura 2), em uma balança analítica eletrônica, e medidas de comprimentos (Figura 3).



Figura 1 - Banda anterior do ligamento glenoumeral inferior com origem na glenóide e inserção no úmero. Retângulo representa a parte do ligamento que foi estudada. Fonte: Elaborada pelo autor

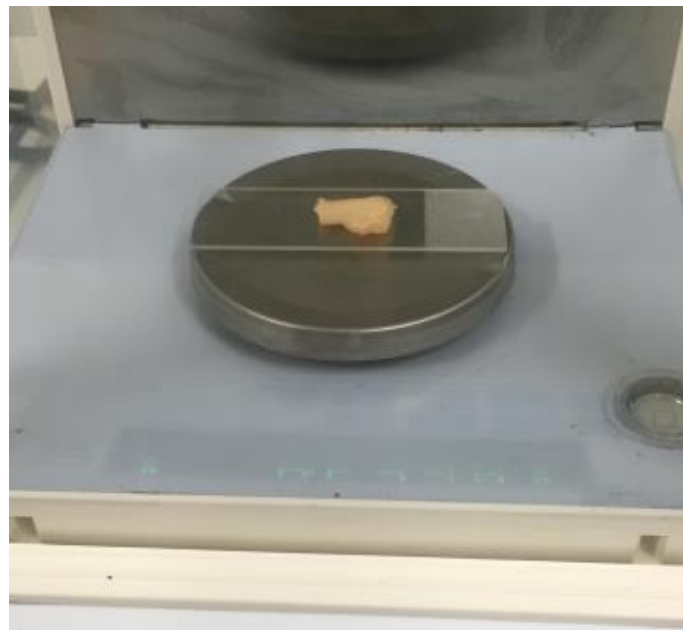


Figura 2- Fragmento da banda anterior do LGUI, durante realização da pesagem em uma balança analítica eletrônica.



Figura 3 - Fragmento da banda anterior do LGUI, durante medição.

4.2 Métodos

4.2.1 Secção Criostática

Os fragmentos foram medidos e pesados, anotando-se seus respectivos comprimentos e pesos. Logo em seguida, foram preparadas as bases de suporte da amostra, usando o gel *tissue-tek* e colocados no criostato 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. Em seguida, ainda antes da secção, foi colocado uma lâmina de vidro com peso sobre a amostra contendo o fragmento, envolvido com gel *tissue-tek*, com o objetivo de aplainar a área de corte. As secções foram realizadas usando o criostato Leica CM 1850® (Figura 4). Os fragmentos foram seccionados em 50 micrômetros com orientação do corte longitudinal sendo inicialmente da parte intraarticular para parte extraarticular (Figura 5). Os cortes foram feitos e colocados na lâmina Immunoslide®, previamente identificadas com o número do cadáver e a numeração da sequência de cortes, de forma que superior do corte esteja voltada para

parte baixa da lâmina , ou seja invertendo-se os cortes. As lâminas foram arquivadas em caixa própria em congelador a temperatura de -70°C até o momento da coloração.

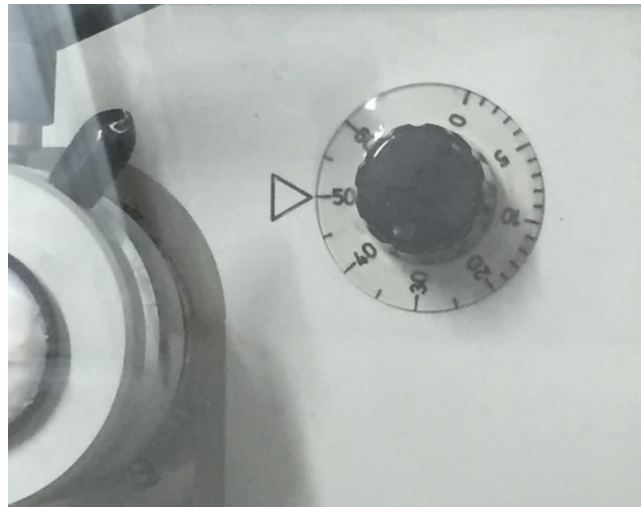


Figura 4 - Cortes com espessura de 50 micrometros (Criostato Leica 1850).



Figura 5- Mostra a sequência e direção de cortes com espessura de 50 μm .

4.2.2 Imunofluorescência

Nas lâminas os tecidos seccionados foram circundados com caneta hidrofóbica PAP PEN®, formando uma barreira para que as soluções que foram colocadas não dispersarem e durante o método as lâminas foram guardadas em uma caixa úmida para minimizar a evaporação das soluções.

As lâminas foram lavadas 4 vezes por 15 min cada com solução de 0,1M PBS (*phosphate buffered saline*) contendo 3% de Triton (Tx-100) seguido de incubação, por 2 horas em temperatura ambiente, com solução de bloqueio contendo 4% de soro normal, albumina de soro bovino, 0,1M PBS e Tx-100. Os tecidos foram então lavados por quatro vezes, com duração de 15 minutos cada, com 0,1M PBS e depois foram incubados com anticorpo primário durante 18h às 20h (a 4º grau). O anticorpo primário usado é a antiproteína PGP 9.5, diluído a uma concentração de 1:500 em solução contendo 0,5% Tx-100 em 0,1M PBS. Após a incubação com o anticorpo primário, os tecidos foram lavados novamente quatro vezes por 15 min cada com 0,1M PBS, em seguida foram incubados, no escuro, por 1:30 minutos em temperatura ambiente com o anticorpo secundário, marcador fluorescente Alexa Flúor 488 diluído a uma concentração de 1:200 nas mesmas soluções utilizadas para o anticorpo primário. Após o período acima, ao abrigo da luz foram realizadas as últimas quatro lavagens, sendo utilizada a seguinte sequência: duas vezes com 0,1M PBS por 10 min, uma vez com 0,05M PBS por 10 min e uma vez com água destilada. Por fim, as lâminas com os tecidos corados foram cobertas com lamínulas, utilizando *fluoromount*, um líquido claro utilizado para montagem de lamínulas. Após esta etapa, as lâminas foram armazenadas a temperatura de -70° C, para posterior análise com microscopia confocal com varredura a laser (MCL).

4.3.3 Microscópio Confocal à Laser (MCL)

As secções preparadas com imunofluorescência foram examinadas com microscópio confocal a laser equipado com epifluorescência (Zeiss® LSM 710). As secções são vistas primeiro com epifluorescência, usando um filtro de excitação (492-630nm) para emissão de feixe (520-525) Duolexis -flúor 488. Cada secção foi examinada no aumento de 10 vezes para orientação dos tecidos e mapeamento das

estruturas. Quando identificadas foram utilizadas objetivas de 20 vezes e de 40 vezes para ver detalhes.

Foram utilizados a média e o desvio padrão para mensurar as dimensões dos ligamentos: comprimentos, largura e espessura da banda anterior do LGUI após a ressecção.

Utilizamos para descrever os mecanorreceptores na banda anterior do LGUI uma avaliação qualitativa, onde se procurou relacionar o objeto de estudo com a realidade conhecida da biomecânica do ombro.

A fim de analisar a densidade de fibras nervosas na banda anterior do ligamento glenoumeral inferior foram utilizadas 06 imagens panorâmicas obtidas de seções pré-selecionadas utilizando mosaico e características tridimensionais, com dois níveis de profundidade, sendo que em três o nível de profundidade oscilava entre 400 e 500 μm e em outras três a profundidade no ligamento oscilava entre 1500 e 1850 μm . As imagens obtidas foi convertido em bitmap com 600 pixels e inserido no software de análise de imagem (Sistema de Análise Morfométrica- versão 1.0), desenvolvido e validado pela Universidade Federal do Ceará, Brasil . Este software semi-automático calcula a área ocupada por fibras nervosas manchado em verde claro com base em diferenças de cor. A densidade foi definida pelo quociente entre área ocupada pelas fibras nervosas à área total seleccionado. Os resultados são expressos como médias \pm SD. Os dados foram analisados utilizando o software GraphPad Prism®(versão 6.0 para Windows®, GraphPad Software, San Diego, Califórnia, EUA, 2015).

5 RESULTADOS

A banda anterior do ligamentos glenoumeral inferior foi facilmente identificada em todos os ligamentos glenoumerais inferior, onde observou-se que a origem encontrava-se entre 330° e 30° graus do posicionamento da glenóide, inserindo-se no úmero entre 330° e 30° . A média de comprimento, após a ressecção, dos ligamentos foi de 41,81 +/- 2,29 mm, a média da largura foi de 22,58 +/- 1,38 mm e a média da espessura foi de 2,68 +/- 0,14 mm (Tabela 1). Após a preparação do ligamento para o corte com comprimento aproximado de 2 cm, verificamos que o peso médio desta peça foi de 0,3306 +/- 0,10 gramas.

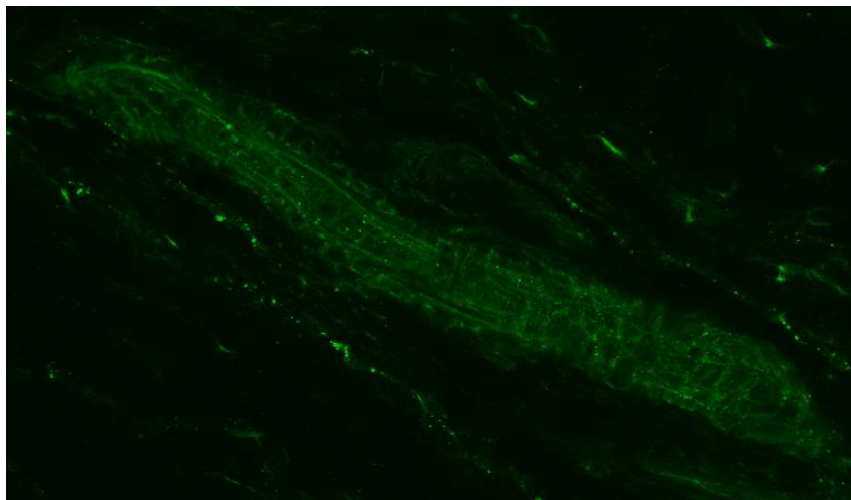
Tabela 1 - Média das dimensões dos ligamentos.

LIGAMENTOS	COMPRIMENTOS	LARGURA	ESPESSURA
A	41,50 mm	20,40 mm	2,6 mm
B	38,20 mm	18,70 mm	2,5 mm
C	44,00 mm	21,40 mm	2,7 mm
D	40,20 mm	19,00 mm	2,8 mm
E	43,80 mm	22,30 mm	2,6 mm
F	43,20 mm	19,90 mm	2,9 mm
MÉDIA	41,81 ± 2,29	22,58 ± 1,38	2,68 ± 0,14

Encontramos terminações nervosas da banda anterior do ligamento glenoumeral inferior durante análise das lâminas, especificamente corpúsculos de Meissner, Pacini, terminações nervosas livres e algumas terminações não classificadas.

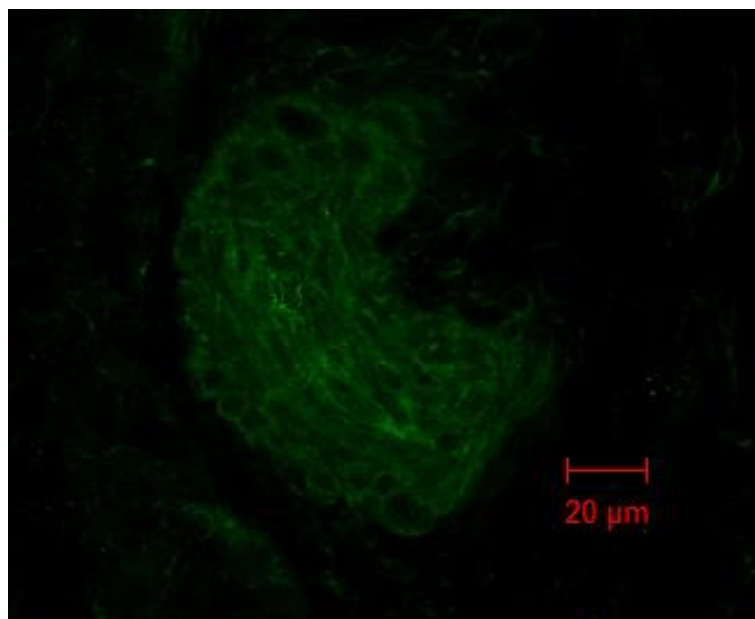
Os corpúsculos de Meissner foram identificados em toda estrutura estudada. Os corpúsculos de Meissner apresentam-se como uma estrutura cilíndrica encapsulada, contendo células dispostas em lamelas, empilhadas, entrelaçadas por fibras nervosas, sendo em alguns casos mais alongados (Figura 6) e em outros com aspecto mais achatados (figura 7). O corpúsculo também foi visualizado em sequencia em 3D secção óptica em duas séries (Figura 8). Seus diâmetros variavam entre 30 e 65 µm e comprimentos que oscilavam entre 80e 400 micrometros.

Figura 6 – Corpúsculo de Meissner cilíndrico e alongado (40x).



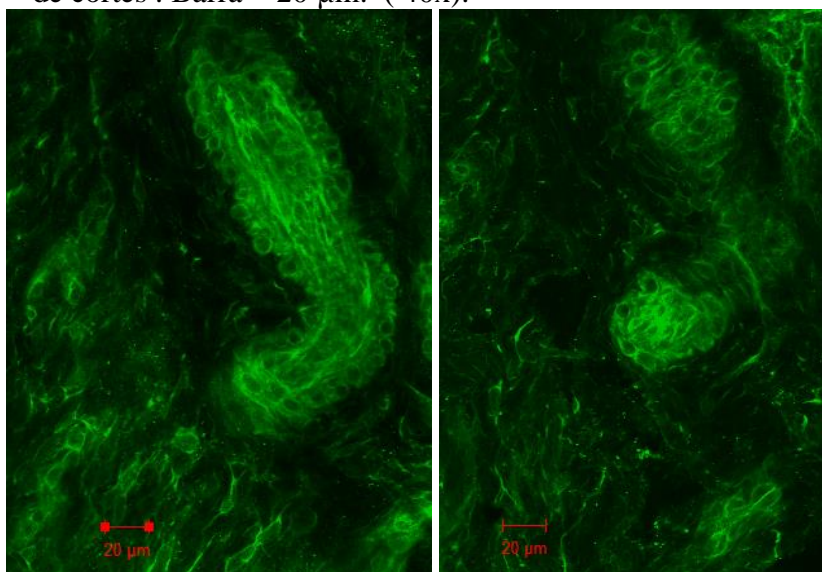
Fonte : Elaborada pelo autor.

Figura 7 – Corpúsculo de Meissner achatado . Barra = 20 μm . (40x).



Fonte : Elaborada pelo autor.

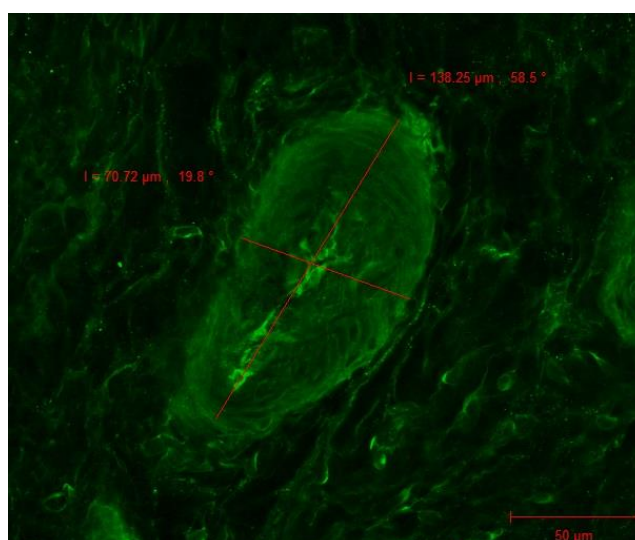
Figura 8 – Corpúsculo de Meissner em dois níveis de cortes . Barra = 20 μm . (40x).



Fonte : Elaborada pelo autor.

Os Corpúsculos de Pacini durante avaliação das lâminas foram observados distribuídos ao longo da banda anterior do ligamento glenoumeral inferior. Apresentavam-se com células dispostas concêntrica e encapsuladas, de forma oval, assemelhando a uma bola de futebol americano, com diâmetro entre 40 e 80 μm e comprimento entre 100 e 180 micrômetros (Figura 9).

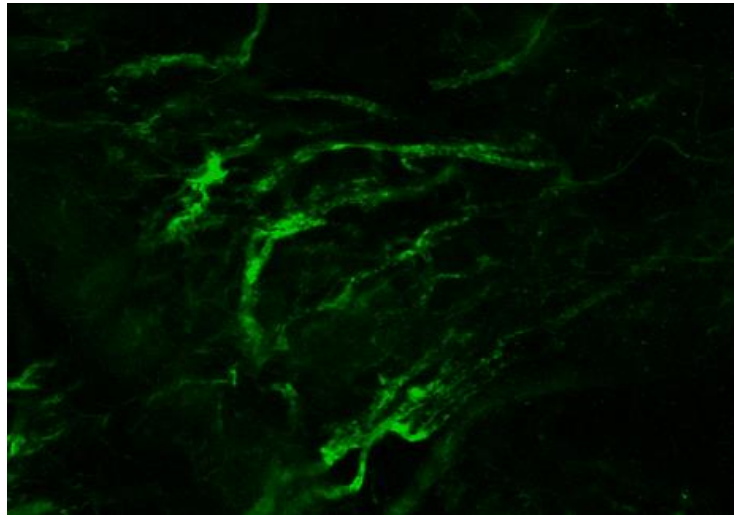
Figura 9 – Corpúsculo de Pacini com medidas. Barra = 50 μm . (40x).



Fonte: Elaborada pelo autor.

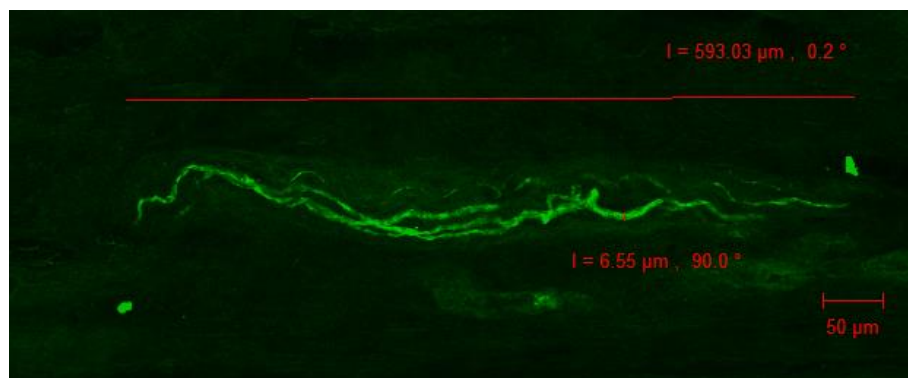
As terminações nervosas livres encontradas ao longo dos ligamentos analisados apresentavam-se com diâmetro das fibras que variavam entre 3 e 7 μm e comprimento que oscilavam entre 300 e 700 μm (Figuras 10 e 11).

Figura 10 – Terminações nervosas livres no LGUI. (40x).



Fonte : Elaborada pelo autor.

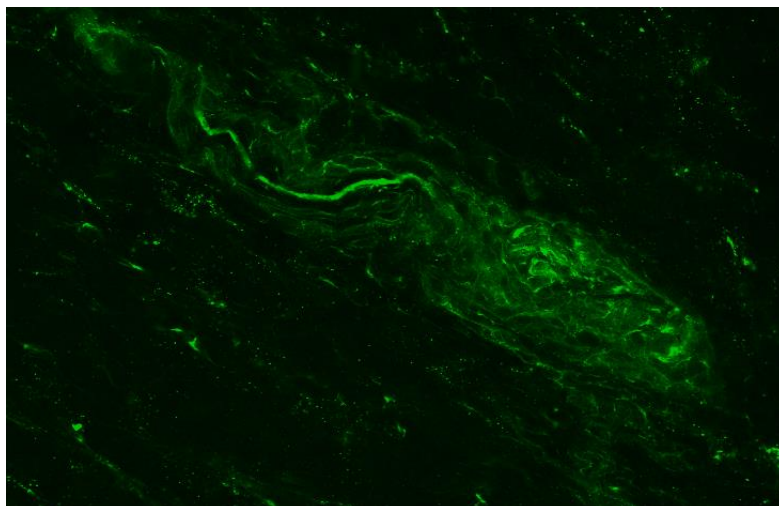
Figura 11 – Terminações nervosas livres no LGUI com medições . Barra = 50 μm . (40x).



Fonte : Elaborada pelo autor.

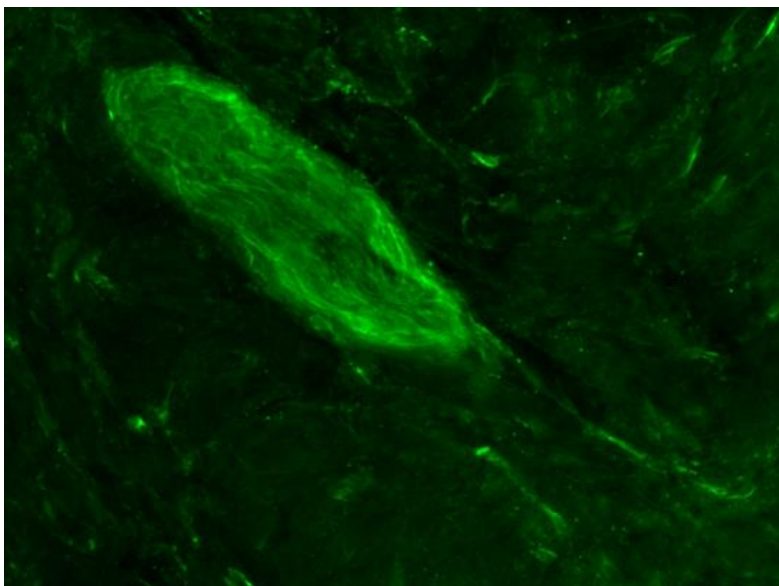
Encontramos terminações nervosas não classificadas que apresentavam diferentes formas e diâmetros distribuídos ao longo da banda anterior do LGUI. Essas estruturas apresentaram-se em forma fusiforme como demonstradas nas Figuras 12 e 13, e também como estruturas alongadas de aspecto irregular e espessura maior que as terminações nervosas livres (Figura 14) e também na forma achatada e retangular (Figura 15).

Figura 12 – Terminação nervosa fusiforme no LGUI . (40x).



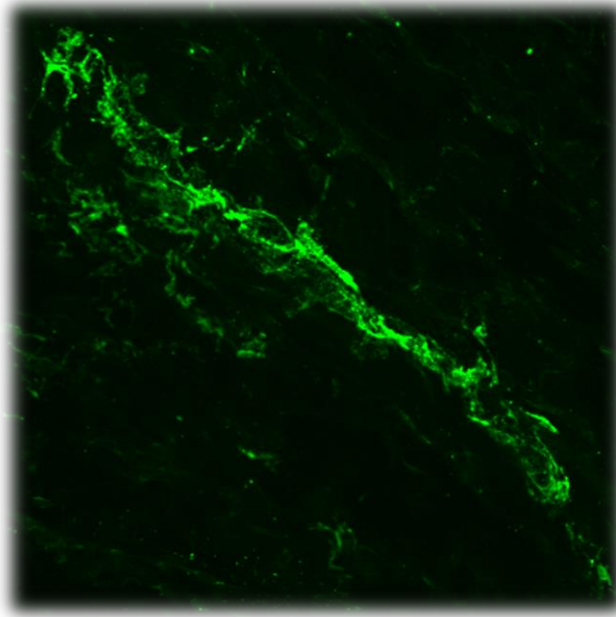
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 – Terminação nervosa fusiforme no LGUI . (40x).



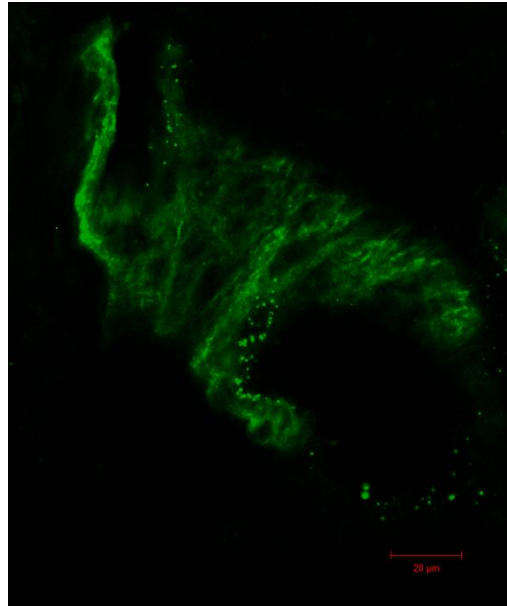
Fonte : Elaborada pelo autor.

Figura 14 – Terminação nervosa de aspecto irregular no LGUI. (40x).



Fonte : Elaborada pelo autor.

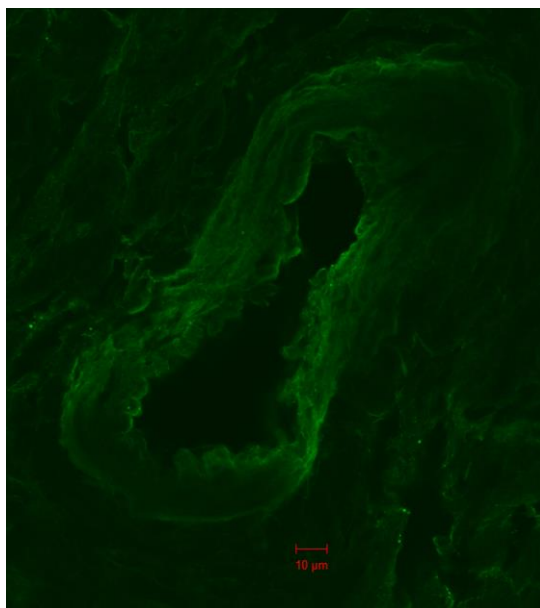
Figura 15 – Terminação nervosa de aspecto retangular no LGUI. (40x).



Fonte: Elaborada pelo autor

Observamos também que o método apresentou coloração de vasos sanguíneos onde conseguimos visualizar as túnicas íntima, média e adventícia e a luz do vaso com maior comprimento na ordem de 110 µm, como demonstrado na figura (Figura 16).

Figura 16 – Vaso sanguíneo no LGUI. (40x).



Fonte : Elaborada pelo autor.

A densidade média apresentada pelas terminações nervosas ao nível da banda anterior do ligamento glenoumeral inferior após análise das imagens panorâmicas obtidas de 06 imagens pré-selecionadas com dois níveis de profundidade foi de aproximadamente 1,1026 % (Figura 17) , sendo que quando calculamos a média dos três com menor profundidade, ou seja entre 400 e 500 μm , a média foi de 1,6102 % e a média dos outros três com profundidade entre 1500 e 1850 μm foi de 0,6018 % (Tabela II)

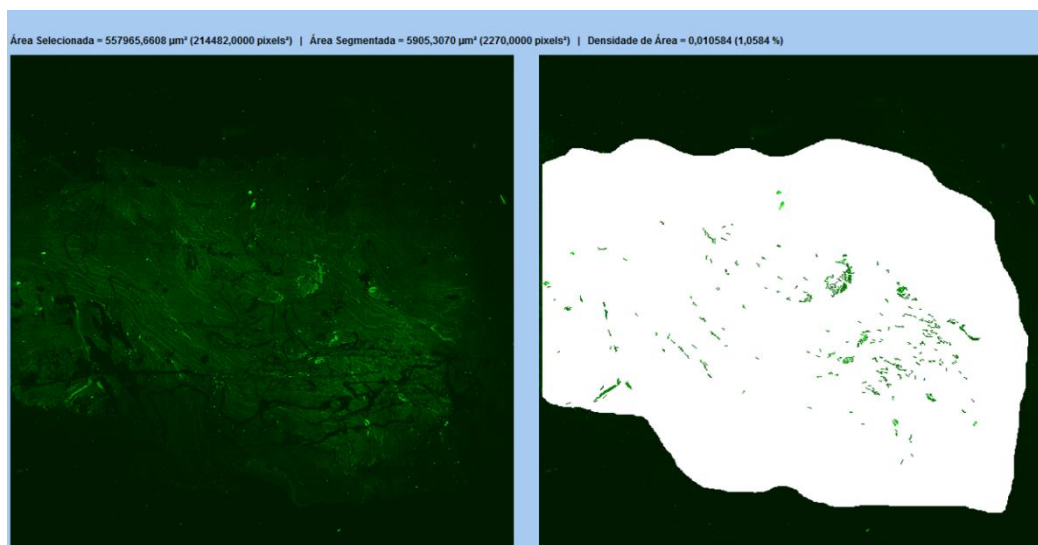
Figura 17 - Cálculo da densidade das terminações nervosas .

TABELA 2 – Relação profundidade da lamina x densidade das terminações nervosas.

LIGAMENTO	PROFUNDIDADE	DENSIDADE
A	400 µm	1,9755%
B	450 µm	1,7767%
C	500 µm	1,0584%
MÉDIA PARCIAL	MENOR PROFUNDIDADE	1,6102%
D	1500 µm	0,7136%
E	1600 µm	0,8699
F	1850 µm	0,2220%
MÉDIA PARCIAL	MAIOR PROFUNDIDADE	0,6018%
MÉDIA TOTAL		1,1026%

6 DISCUSSÃO

Utilizamos 06 bandas anteriores do LGUI, amostra que consideramos suficientes, pois esses números são compatíveis com os estudos que avaliaram os ligamentos glenoumerais (BRESH,1994 ; VANGNESS *et al*,1995; ROBINSON *et al*, 1995; SOLOMONOW *et al*,1996; GRANDIS *et al*, 2007;), entretanto existem também alguns trabalhos que utilizaram um maior número de amostras (MORISAWA,1998; EJNISMAN *et al*,2002; STEINBECK *et al* , 2002).

O lado foi aleatório já que a literatura demonstra não existir diferenças significantes no numero de mecanorreceptores, quando comparados o lado direito e esquerdo (EJNISMAN *et al*, 2002; LEPHART *et al*, 1994). Não foram observados na literatura diferenças significativas entre lado dominante e não dominante (ZUCHERMAN *et al*, 1999 apud EJNISMAN *et al*, 2002).

A ressecção do ligamento foi fácil, devido pronta identificação da banda anterior ressecados como descritos por O'Brien *et al* (1995), sendo utilizado a incisão deltopeitoral, pois apresentou acesso amplo que facilitou a ressecção. Após ressecção levamos a peça para o laboratório onde fizemos uma secção de 2 cm, o ligamento apresentava aproximadamente 4 cm e optamos por seccioná-lo conforme Vangness *et al* (1995), desde a origem glenoidal até a parte medial do ligamento.

O corte de 50 micrometros foi semelhante ao utilizado por Grandis *et al* (2007) e Lin *et al* (2006) e foram realizados corte longitudinal da parte intraarticular para extraarticular, com o objetivo de visualizar as estruturas nervosas que seriam primeiramente estimuladas, quando em contato com a cabeça umeral . Não encontrou-se nos trabalhos estudados descrição detalhada de como foi a orientação dos cortes, se longitudinal ou transversal, o que pode interferir na interpretação dos resultados.

As técnicas de coloração que utilizam cloreto de ouro tem sido sistematicamente utilizadas desde o início do século passado (GAIRNS, 1930 *apud* JEW *et al* , 2003), sendo posteriormente modificada por Jimmy (1985 *apud* VANGNESS *et al*,1995; ROBINSON *et al* 1995; MORISAWA *et al* ,1998; GRANDIS *et al*, 2007). As colorações utilizando ouro foram as mais utilizadas e ainda são historicamente muito utilizadas, entretanto devido sua baixa especificidade para estruturas nervosas, pois é

possível não haver coloração em todas as estruturas nervosas, assim como podemos ter estruturas vasculares inadvertidamente coradas. A técnica utilizando prata (CASTANO, 1994; STEINBECK, 2003) apresenta dificuldades importantes, com necessidade de larga experiência do examinador para identificação das terminações nervosas. Mais recentemente a imunohistoquímica passou a ser utilizada para visualização de estruturas nervosas (BRODIN *et al*, 1998 apud JEW *et al*, 2003), o que marcou um grande avanço na capacidade de identificação e obtenção da morfologia das estruturas nervosas. Ejnisman *et al* (2002) visualizaram mecanorreceptores utilizando imunohistoquímica com proteína S100. A partir do protocolo utilizado por Jew *et al* (1996) modificado em 2003, que utilizou o anticorpo primário PGP 9.5, que inicialmente acreditava-se ser sensível e específico para terminações nervosas, entretanto foi posteriormente descrita no epitélio tubular renal distal, espermatogonia, células de Leydig, oócitos, melanócitos, epitélio secretório da próstata, células de ductos ejaculatórios, epidídimo, células epiteliais mamárias, fibroblastos dérmicos e células de Merkel. Utilizou-se o anticorpo secundário, no caso o Alexa fluor 488, que apresenta a capacidade de otimizar a visualização do antígeno-anticorpo, o que permite a visualização com forte sinais de fluorescência, além de ser resistente ao tempo. Este método apresenta como principal vantagem a possibilidade de visualização através da MCL em lamínas de até 200 μm , já que na microscopia ótica lamínas a partir de 3 a 5 μm já apresentam uma dificuldade de visualização devido borramento da lâmina. Então com o objetivo de estudar mecanorreceptores, pois como este método apresenta sensibilidade e especificidade maior que os outros métodos, foi escolhido para avaliar a banda anterior do LGUI.

Vários trabalhos na literatura procuraram quantificar os mecanorreceptores, sendo realizados corte no criostato entre 3 e 50 μm , e verificamos nos nossos resultados e na literatura estudada que os mecanorreceptores variam de 80 a 700 micrometros. Portanto o número elevados de mecanorreceptores pode configurar em número errôneo, já que é possível que um único mecanorreceptor ter sido contabilizado por centena de vezes, obviamente depende do método utilizado para estereologia, morfometria e alometria. (BRESH, 1994; VANGNESS *et al*, 1995; SOLOMONOW *et al*, 1996; MORISAWA *et al*, 1998; EJNISMAN *et al*, 2002; STEINBECK *et al*, 2002; GRANDIS *et al*, 2007).

Apesar da técnica de coloração prever razoável especificidade e sensibilidade por terminações nervosas, é possível ter colorações de estruturas vasculares, como verificamos neste trabalho, assim como também já descrito na literatura, para estruturas diferentes das terminações nervosas. (JEW *et al* , 2003; CAVALCANTE, 2004).

Identificamos corpúsculos de Meissner na banda anterior do ligamento glenoumeral inferior, que na literatura lida, ainda não tinham sido descritos ao nível do LGUI, pois até o momento suas descrições eram principalmente ao nível da pele, lábio e genitália (VEGA *et al*, 2012; MACHADO; HAERTEL, 2014; KANDEL *et al*, 2014). A identificação do corpúsculo de Meissner pelo PGP 9.5 como uma estrutura cilíndrica encapsulada, contendo células dispostas em lamelas, empilhadas, entrelaçadas por fibras nervosas, foi imediata, devido a comparação com a morfologia deste corpúsculo já descrita com este mesmo anticorpo em pele por Castano *et al* (1994), bem como a sua similaridade na descrição de Guinard *et al* (2000) num brilhante estudo utilizando PS 100 e NF70 200 contrastando células de Schwann e fibras nervosas, detalhando a complexidade do corpúsculo em pele de dedos. As características morfológicas do corpúsculo de Meissner apresentam variações de tamanho, onde o diâmetro descrito oscilava entre 20-50 μm e o comprimento entre 80-150 μm (HALATA, 1975; CASTANO *et al*, 1994; VEGA *et al*, 2012). Nossa pesquisa mostra que esses mecanorreceptores apresentaram tamanhos consistentes com os achados na literatura, já que o diâmetro oscilava entre 30-60 μm e o comprimento entre 80-400 micrometros. Observamos alguns corpúsculos de Meissner que apresentaram um maior comprimento nos nossos estudos, possivelmente devido às características do LGUI que diferem da pele. Este mecanorreceptor é do tipo de adaptação rápida e apresenta baixo limiar para estimulação se caracterizando como um importante receptor para articulação glenoumeral (MACHADO; HAERTEL, 2014; KANDEL *et al*, 2014) .

Ejnisman *et al* (2002) utilizaram um método imunohistoquímico com proteína S100 e encontraram uma maior presença de mecanorreceptores que descreveram como lamelares, o que poderia, já nesse estudo, ser um indicativo da presença de corpúsculos de Meissner no LGUI, se o método tivesse utilizado o PGP 9.5. Sabemos que a proteína S100 cora as células de Schwann (GUINARD , 2000), disposta em forma de lamelas no Meissner , o que pode ser um indicativo da presença de corpúsculos de Meissner no ligamento glenoumeral inferior, mas os autores não puderam afirmar à época que se tratava de Meissner.

Os corpúsculos de Pacini encontram-se regularmente distribuídos ao nível dos ligamentos estudados, de forma ovalada, semelhante à bola de futebol americano, com diâmetro que oscilam entre 50 e 80 μm e comprimento entre 100 e 180 μm , compatíveis com a forma e tamanhos descritos na literatura, tais como Grandis *et al* (2007) que encontraram uma média de comprimento de 250 μm e de diâmetro de 45 micrometros em cães e Morisawa *et al* (1998) que descreveram no ligamento coracoacromial corpúsculos de Pacini com forma esférica e cilíndricos e tamanhos que variavam entre 100 e 200 μm e diâmetros entre 50 e 100 μm . Entretanto há relatos de comprimentos que chegam a 1 mm, ou seja 1000 micrometros (MACHADO ; HAERTEL,2014), são por isso conhecidos como os maiores receptores. Sua distribuição é ampla, sobretudo ao nível do tecido conjuntivo das mãos, pés, ou mesmo territórios mais profundos como septo nasal ,periósteo e articulações (MACHADO ; HAERTEL,2014).

As terminações nervosas livres são amplamente distribuídas em todos os ligamentos avaliados com comprimentos variáveis entre 200 e 700 micrometros, sendo maiores em comprimento do que encontraram Morisawa (1998) e Witherspoon *et al* (2014), que observaram valores entre 100 e 500 micrometros.

Witherspoon *et al* (2014) avaliaram o lábio glenoidal e a cápsula e encontraram mecanorreceptores de adaptação lenta tipo Ruffini, assim como receptores de adaptação rápida tipo Pacini e terminações nervosas livres. Algumas publicações descreveram os receptores de Ruffini na articulação do ombro, como Morisawa (1998) que descreveram Ruffini ao nível do ligamento coracoacromial e Steinbeck *et al* (2003), que identificaram Ruffini ao nível do ligamento glenoumeral inferior. Grandis *et al* (2007) descreveram também a presença destes receptores ao nível dos ligamentos glenoumerais do ombro em cães. Não identificamos o mecanorreceptor de Ruffini nos nossos ligamentos.

Encontramos no nosso estudo os corpúsculos de Meissner e Pacini, que são receptores de ação rápida, ou seja, eles recebem estímulos e retornam rapidamente ao estágio inicial, permanecendo sem emitir qualquer alteração de sinal, a não ser que recebam outro estímulo. O corpúsculo de Meissner, que recebem estímulos de tato, pressão e vibratórios lentos, se alteram quando recebem estímulos ente entre 30 e 50 Hz, enquanto Pacini que são responsáveis pela sensibilidade vibratória, ou seja a

capacidade de perceber estímulos mecânicos e vibratórios entre 200 e 300 hertz (MACHADO ; HAERTEL,2014 ; KANDEL *et al* ,2014).

É sabido que a estabilidade da articulação glenoumeral é fornecida por fatores estáticos e dinâmicos (TURKEL *et al*,1981; CAIN *et al*,1987; MALICKY *et al* , 1996; BLASIER *et al*,1997). A partir do trabalho publicado por Turkel *et al* (1981), que demonstrou que o ligamento glenoumeral inferior é o principal estabilizador do ombro quando este se encontra a 90° de abdução, muitos experimentos confirmaram a real importância deste ligamento, mais especificamente da banda anterior (O'BRIEN ,1990), e foram realizados experimentos biomecânicos confirmando a importância deste para estabilidade da articulação glenoumeral (WARNER *et al* ,1992; BIGLIANE *et al* , 1992; O'BRIEN *et al* ,1995; TICKER *et al* , 1996 ; FIELD *et al* , 1997; BLASIER *et al* ,1997; SOSLOWSKY *et al* , 1997; STEFKO *et al* , 1997 ; STEINBECK *et al* ,1998; MCMAHON *et al* , 1998; LEE *et al* , 1999; MCMAHON *et al* , 1999; DEBSKI *et al* , 1999; BRENNEKE *et al* , 2000; POLLOCK *et al* , 2000; MCMAHON *et al* , 2001; PINHEIRO JUNIOR *et al* , 2003) . Também data do início do século passado o conceito de que existiam sinergismo entre ligamentos e músculos (PAYG, 1900 apud SOLOMONOW, 1996). Estudos comprovando este sistema proprioceptivo que faz a interligação desses mecanismos a partir dos sistemas aferentes e eferentes foram observados nos trabalhos publicados por Solomonow *et al* (1996) que demonstrou em seu artigo a existência do arco reflexo, pois após a secção dos nervos responsáveis pela inervação da articulação do ombro , quando ocorreu estimulação com eletrodos a resposta eletroneuromiográfica foi abolida, assim como Guanche *et al* (1995) que demonstraram um sinergismo entre cápsula e músculos e observaram quando ocorria secção do nervo não apresentavam respostas musculares após estímulos. Tibone *et al* (1997) demonstraram que o sistema proprioceptivo estava íntegro, mas não funcionando, em paciente com instabilidade. Outros trabalhos mostraram o completo restabelecimento do sistema proprioceptivo após a realização de técnicas cirúrgicas para corrigir a lesão no LGUI, seja por soltura ou alongamento (LEPHART *et al* , 1994; MYERS *et al* , 2002; ZUCHERMAN *et al* , 2003 ; POTZL *et al* , 2004 ; ZUCHERMAN *et al* , 2010)

Após analisarmos os trabalhos existentes observamos que existem comprovadamente importância na estabilidade do ombro do sistema proprioceptivo e que essa deficiência é claramente comprovada na instabilidade glenoumeral, mas se o

sistema proprioceptivo permanece inalterado , então a deficiência seria na capacidade de estímulos desse mecanorreceptores (TIBONE *et al*, 1997).

Com estes achados podemos compreender melhor a interação entre os estabilizadores mecânicos do ombro e o sistema proprioceptivo, onde no momento que a cabeça umeral se desvia anteriormente, principalmente quando o braço encontra-se em abdução e rotação externa, o corpúsculo de Meissner recebe estímulo, enviando sinais pelo sistema aferente para o sistema nervoso central, que responde via sistema eferente para ativação do sistema muscular (CAIN *et al*, 1987). Caso ocorra aumento na frequência de estímulo os corpúsculos de Pacini serão estimulados e enviarão também sinais para o sistema nervoso central. Não encontramos Ruffini, que são mecanorreceptores de ação lenta, entretanto Witherspoon *et al* (2014) demonstrou a presença deles ao nível do lábio glenoidal, e como sabemos estes receptores são de ação lenta, ou seja, eles permanecem enviando sinal ao sistema nervoso central de forma contínua, demorando a retornarem ao estágio inicial, ou seja, permanecem enviando estímulo de forma contínua, mesmo que não ocorram novos estímulos. Sabemos que as fibras nervosas dos corpúsculos de Meissner e Pacini apresentam uma maior espessura no tamanho do axônio, conseqüentemente apresentam uma velocidade maior na condução do estímulo do que as fibras das terminações nervosas livres (KANDEL *et al*, 2014), o que demonstra que antes de sentirmos qualquer tipo de dor , o sistema proprioceptivo de proteção da articulação já tinha sido estimulado. Portanto qualquer atraso no estímulo destes mecanorreceptores causarão um atraso na resposta, o que pode inviabilizar a congruência da articulação, o que ocorre com frequência na avaliação clínica do paciente, quando observamos que pacientes que sofreram lesão de Bankart (BANKART ,1938) ou alongamentos do LGUI (CHECCHIA *et al*, 1993), apresentam com frequência episódios de recidiva da instabilidade glenoumeral, pois nesses casos ocorreram um atraso no estímulo dos mecanorreceptores que não receberam a pressão mínima necessária para estimular o sinal pela via aferente.

Na literatura muitas técnicas cirúrgicas foram desenvolvidas para o tratamento da instabilidade glenoumeral, algumas se basearam simplesmente no retensionamento da cápsula (Neer *et al*, 1980 apud CHECCHIA *et al*, 1993) ou no encurtamento do musculo subescapular (MATSEN III *et al*, 1990), entretanto apresentaram índices de recidiva elevados, sendo substituídas por técnicas que procuraram refazer o alongamento e reinserção do LGUI, reconstruindo a integridade destes e permitindo que

os mecanorreceptores voltassem a ser estimulados (MATSEN III *et al*, 1990; CHECCHIA *et al*, 1993; GODINHO *et al*, 1993; ROKITO, 2010), pois o sistema proprioceptivo encontrava-se íntegro apenas a lesão, que se caracterizava pela soltura do lábio glenoidal ou alongamento do LGUI, não permitia que o mecanorreceptor fosse estimulado (TIBONE *et al*, 1997).

Objetivamos quando descrevemos os mecanorreceptores, sem nos preocupar com a contagem um foco na interpretação ao invés da quantificação, dando ênfase na subjetividade ao invés da objetividade.(CASSEL, 1994 apud DALFOVO,2008), pois a investigação qualitativa é a que melhor se coaduna ao reconhecimento de situações particulares, grupos específicos e universos simbólico (MINAYO,1994 apud DALFOVO,2008).

Entretanto as relações entre abordagens qualitativas e quantitativas demonstram que as duas metodologias não são incompatíveis e podem ser integradas num mesmo projeto, devendo ser estimuladas, pois elas se complementam (DALFOVO, 2008). Com este entendimento realizamos a quantificação da densidade de todos os receptores em relação a área estudada, e observamos que a densidade dos mecanorreceptores no LGUI foi de 1,1026 % , inferior ao encontrado no ligamento cruzado anterior que foi de 2.5% (ZIMNY, 1986). Leite (2015) relatou um percentual de aproximadamente 4,5% nas cordas vocais em feto, utilizando a mesma metodologia deste trabalho.

Quando comparamos a densidade das terminações nervosas livres entre níveis de profundidades diferentes verificamos uma diferença importante, onde os ligamentos apresentam uma densidade maior quando o nível de profundidade é entre 400 e 500 μm em relação à densidade na profundidade entre 1500 e 1850 μm , o que demonstra a que a maior presença dos mecanorreceptores na parte articular do LGUI tem importância para manter a estabilidade da articulação glenoumeral. Podemos observar que para uma comparação fidedigna é necessário à padronização da metodologia na técnica de coloração, assim como também no quesito de nível de profundidade dos cortes nos ligamentos, pois o mesmo ligamento poderá apresentar concentrações diferentes dependendo da profundidade.

Há necessidade de novos estudos para confirmação dos mecanorreceptores, especialmente o corpúsculo de Meissner no ligamento glenoumeral inferior, assim como compreender melhor suas funções, através de estudos eletrofisiológicos, para que

possamos definitivamente entender a interação da biomecânica e do sistema proprioceptivo do ombro, e de outras articulações, e que esta possa orientar sobre a melhor opção de tratamento para o paciente.

6. CONCLUSÃO

A banda anterior do ligamento glenoumeral inferior apresenta mecanorreceptores tipo corpúsculo de Meissner, corpúsculo de Pacini e terminações nervosas livres. Os corpúsculos de Meissner foram observados pela primeira vez no ligamento glenoumeral inferior.

A densidade das terminações nervosas livres é maior nas regiões do LGUI que se encontram mais próximas da articulação, diminuindo quando os cortes foram com maior profundidade.

REFERÊNCIAS

AKIYAMA, K.; TAKAKURA, Y.; TOMITA, Y.; SUGIMOTO, K.; TANAKA, Y.; TAMAI, S. Neurohistology of the sinus tarsi and sinus tarsi syndrome. **J. Orthop. Sci.**, v. 4, p. 299-303, Feb. 1999.

BANKART, A.S.B. The pathology and treatment of recurrent dislocation of the shoulder joint. **Br. J. Surg.**, v. 26, p.23-9, 1938.

BIGLIANE, L.U; KELKAR, R; FLATOW,E.L; POLOCK ,R.G; MOW, V.C. Glenohumeral Stability: Biomechanical Properties of Passive and Active Stabilizers. **Clin Orthop Rel Res.**, n.330, p. 13-30, 1996.

BIGLIANE, L.U.; POLOCK ,R.G.; SOSLOWSKY, L.J. ; FLATOW,E.L.; PAWLUK R.G.; MOW, V.C. Tensile properties of the inferior glenohumeral ligament . **J Orthop Res.**, v. 10, p.187-197, 1992..

BLASIER, R.B.; SOSLOWSKY, L.J.; MALICKY D.M.; PALMER,M.L. Posterior Glenohumeral Subluxation: Active and Passive Stabilization in a Biomechanical Model. **J Bone Joint Surg.**, v. 79-A, n.3, p. 433-440, March 1997.

BRENNEKE, S.L.; REID, J.;CHING, R.P.;WHEELER, D.L .Glenohumeral kinematics and capsulo-ligamentous strain resulting from laxity exams. **Clin Biomech.**, v.15, p. 735-742, 2000.

BRESH ,J.R.;NUBER,G.W. Mechanoreceptors of the middle and inferior glenohumeral ligaments. **J Shoulder Elbow Surg.**, 4:63, 1994.

CAIN,P.R.; MUTSCHELER,T.A. Anterior stability of the glenohumeral joint : A dynamic model. **Am J Sports Med.** ,v.15: p.144-148, 1987.

CAMPBELL, L.K.; THOMAS, J.R.;LAMPS,LW.L.; SMOLLER,B.R.; FOLPE,A.L.; Protein Gene product 9.5 (PGP 9.5) Is Not a Specific Marker of Neural and Nerve Sheath Tumors: Na Immunohistochemical Study of 95 Mesenchymal Neoplasms. **Modern Pathology.**, v.16, p.963-969, 2003.

CAVALCANTE, M. L. C.; RODRIGUES, C.J.; MATTAR JR., R. Mechanoreceptors and nerve endings of the triangular fibrocartilage in the human wrist .**J. Hand Surg. [Am.]**, v. 29, n. 3, p. 432-435, May 2004.

CHECCHIA, S., DONEUX P. S., MONCADA, J.H. *et al.* Tratamento cirúrgico da luxação recidivante anterior do ombro pela técnica da capsuloplastia associada com a reparação da lesão de Bankart. **Rev. Bras Ortop.**, v.28, n.9, p. 609-616, setembro, 1993.

CASTANO, P.; RUMIO, C.; MORINI, M.; MIANI JUNIOR, A.; CASTANO, S. M. Three-dimensional reconstruction of the meissner corpuscle of man, after silver impregnation and immunofluorescence with PGP 9.5 antibodies using confocal scanning laser microscopy. **Institute of human anatomy**, 1994.

CASTANO, P.; MARCUCCI, A.; MIANI JUNIOR, A.; MORINI, M.; VERALDI, S.; RUMIO, C. Central and peripheral nervous structures as seen at the confocal scanning laser microscope. **Journal of microscopy.**, v. 175, p. 229-237, sep. 1994.

DALFOVO, M. S.; LANA, R.A.; SILVEIRA, A. **Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico.** Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, v.2, n.4, p.01- 13, 2008.

DIEDERICHSEN, L.; KROGSGAARD, M.; VOIGT, M.; POULSEN-DYHRE, P. Shoulder reflexes. **Journal of Electromyography and Kinesiology** ., v.12 , p. 183-191, 2002.

DEBSKI, R.; WONG, E.K.; WOO, S.L.; SAKANE,M.; FU ,F.H.; WARNER, J.J. In Situ Force Distribution in the Glenoumeral Joint Capsule during Anterior-Posterior Loading. . **J Bone Joint Surg.** v. 17, p. 769-776,1999.

DEL VALLE, M. E.; HARWIN, S. F.; MAESTRO, A.; MURCIA, A.; VEGA, J. A. Immunohistochemical analysis of mechanoreceptors in the human posterior cruciate ligament: a demonstration of its proprioceptive role and clinical relevance. **J. Arthroplasty**, v. 13, n. 8, p. 916–922, Dec. 1998.

EDOUCARD, P.; GASQ, D.; CALMELS, P.; DEGACHE, F. Sensorimotor control deficiency in recurrent anterior shoulder instability assessed with a stabilometric force platform. **J Shoulder Elbow Surg.**, v.23, p.355-360, 2014.

EJNISMAN, B.; FALOPPA, F.; CARRERA,E.F.; ANDREOLI, C.V.; ALVES, M.T.S; ODASHIRO, A.; COHEN,M. Estudo imunohistoquímico dos mecanorreceptores do ligamento glenoumeral inferior em cadáveres humanos. **Revista Brasileira de Ortopedia.**,Rio de Janeiro, v.37,nº 7, p.289-298, jul. 2002.

FERRARI, D.A. Anatomical and funcional study of the anterior superior capsule. **Am Journal Sports Med.**, vol 18, n.1, p. 20-24, 1990.

FIELD, L.D.; BOKOR, D.J. ; SAVOIE, F.H. Humeral and glenoid detachment of the anterior inferior glenohumeral ligament: a cause of anterior shoulder instability. **J Shoulder Elbow Surg**, v.6, n.1, p. 6-10, Jan-Feb 1997.

FLEMING, M. S.; LUO, W. The anatomy, function, and development of mammalian aβ low-threshold mechanoreceptors. **Front biol**, 2013.

FREEMAN, M. A. R.; WYKE, B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. **J Anat** , v.101, p.505-532, 1967.

GALEN: On the usefulness of the parts of the body, Vol. 2.Translated and edited by **M.T.May.Ithaca**, New York, Cornell University Press, 1968.

GELBER, P. E.; REINA, F.; MONLLAU, J. C.; YEMA, P.; RODRIGUEZ, A.; CACERES, E. Innervation patterns of the inferior glenohumeral ligament: anatomical and biomechanical relevance. **Clinical Anatomy**, v.19, p.304-311, 2006.

GODINHO G.G., MONTEIRO P.C.V. Tratamento cirúrgico da instabilidade do ombro pela técnica de Didier-Patte. **Rev. Bras. Ortop.**, v. 28, n. 9, p. 640-644, setembro, 1993.

GRANDIS, A.; SPADARI, A.; BOMBARDI, C.; TOZZI, A. C.; SORDI, N.; LUCCHI, M. L. L. Mechanoreceptors in the medial and lateral glenohumeral ligaments of the canine shoulder joint. **Vet Comp OrthopTraumatol**, v.20, p-291-295 , 2007.

GUANCHE, C.; KNATT, T.; SOLOMONOW, M.; LU, L.; BARATTA, R. The synergistic action of the capsule and the shoulder muscles. **The American Journal of Sports Medicine**. v. 23, n. 3, p. 301-306, 1995.

GUINARD, D.; USSON, Y.; GUILLERMET, C.;SAXOD, R. PS-100 and NF 70-200 Double Immunolabeling for Human Digital Skin Meissner Corpuscle 3D Imaging. **The Journal of Histochemistry & Cytochemistry**. V. 48, n.2, p. 295-302, 2000.

HAGERT, E; ELIAS, M. G.; FORSGREW, S.; LYUNG, B. O. Immunohistochemical Analysis of Wrist Ligament Innervation in relation to their structural composition, **J. Hand Surg**, v. 32 a, n.1, p. 30-36, Jan 2007.

HALATA, Z. **The mechanoreceptors of the mammalian skin**. Berlin: Springer, 1975.
ITOI, E.; TABATA ,S. Rotator cuff tears in anterior dislocation of the shoulder. **Int Orthop (SICOT)** 16: 240-244,1992.

JEW, J.Y.; BERG,E.J.; BERG,R.A.; LIN,Y.T. Fluorescence immunohistochemistry and confocal scanning laser microscopy. **Acta Orthop Scand.**, v. 74, p. 689-696,2003.

KAMPA, R. J.; PRASRHOFFER, A.; WARR, D. J. L.; PATTISON, R. M. The interneous safe zone for incision of the capsule of the hip. **J. Bone Joint Surg. Br**, v.89-b, n.7, p. 971-76, Jul. 2007.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ,J.H.; JESSELL, SIEGELBAUM,S.A. ; HUDSPETH,A.J. Princípios de Neurociências. 5ª .ed.São Paulo : AMGH Editora,2014. 1499p.

KAZAR , B; RELOVVSKEY, E. Prognosis of primary dislocation of the shoulder. **Acta Orthop Scand.**, v. 40, p. 216,1969.

KIM, Y.T. The nerve endings of the acetabular labrum. **Clin. Orthop**. Rel. Res, n.320, p. 176-181, May. 1995.

LEE, T.Q.; DETTLING, J.; SANDUSKY, M.D.; MCMAHON, P.J. Age related biomechanical properties of the glenoid-anterior band of the inferior glenohumeral ligament-humerus complex. **J Biomech.**, v. 14, p.471-476, 1999

LEITE, J.G.S. Histomorfometria das terminações nervosas das pregas vocais de recém-nascidos. 2015.Dissertação (Mestrado em Cirurgia). Departamento de Cirurgia , Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

LEPHART, S.M.; MYERS, J.B.; BRADLEY, J.P.; FU, F.H. Shoulder proprioception and function following thermal capsulorrhaphy. **The Journal of Arthroscopic and Related Surgery.**, v. 18, n. 7, p. 770-778, sep. 2002.

LEPHART, S. M.; WARNER, J. J. P.; BORSA, P.A.; FU, F. H. Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically, repaired shoulders. **J. Shoulder Elbow Surg.**, v.3,n.6, p.371-380, 1994.

LEUNIG M; BECK M; STAUFFER E; HERTEL R; GANZ R, Free nerve endings in the ligamentum capitis femoris. **Acta Orthop. Scand.** 71, n.5, p.452-454,2000.

LIN, Y.; BERGER, R. A.; BERGER, E. J.; TOMITA, K.; JEW, J. Y.; YANG, C.; AN, K. Nerve endings of the wrist joint: a preliminary report of the dorsal radiocarpal ligament. **Journal of Orthopaedic Research.**, v.24, p.1225-1230, 2006.

LOZSA, L.; BALINT, J.; KANNUS, P.; JÄRVINEN, M.; LETTO, M. Mechanoreceptors in human myotendinous junction. **Muscle & Nerve.**, v.16, p.453-457, 1993.

MACHADO, A.B.M ; HAERTEL , L.M. **Neuroanatomia funcional.** 3ªed.São Paulo: Atheneu, 2014.

MALICKY, D.M. *et al.* Anterior Glenohumeral Stabilization Factors: Progressive Effects in a Biomechanical Model. **J Bone Joint Surg**, v.14, p. 282-288, 1996.

MATSEN III , F.A.;THOMAS, S.C; ROCKWOOD, C.A: Anterior glenohumeral instability .In Rockwood, C.A.; Matsen III, F.A. **The Shoulder.**, 1.ed. v.1. Philadelphia: Saunders, 1990, p. 526-551.

MCMAHON, P.J.; TIBONE, J.E.; CAWLEY, P.W.; HAMILTON, C.; FECHTER,J.D.; ELATTRACHE, N.S. Deformation and strain characteristics along the length of the band anterior of the inferior glenohumeral ligament. . **J Shoulder Elbow Surg**, v. 10, n. 5, p.482-488, September- October. 2001.

MCMAHON, P.J.; TIBONE, J.E.; CAWLEY, P.W.; HAMILTON, C.; FECHTER,J.D.; ELATTRACHE, N.S. The anterior band of the inferior glenohumeral ligament: Assessment of its permanent deformation and anatomy of its glenoid attachment. **J Bone Joint Surg**, v.81, n.3, p 406-413, May .1999.

MCMAHON, P.J.; TIBONE, J.E.; CAWLEY, P.W.; HAMILTON, C.; FECHTER,J.D.; ELATTRACHE, N.S.. The anterior band of the inferior glenohumeral ligament: Biomechanical properties from tensile testing in the position of apprehension. **J Shoulder Elbow Surg**, v. 7, n. 5, p.467-488, Sep- Oct. 1998.

MICHELSON , J.D , HUTCHINS , C. Mechanoreceptors in human ankle ligaments. **The Journal of Bone and Joint Surgery.**, v.77-B , p. 219-224, Mar.1995.

MORAES, M. R. B.; CAVALCANTE, M. L. C.; LEITE, J. A. D.; FERREIRA, F. V.; CASTRO, A. J. O.; SANTANA,M. G. Histomorphometric Evaluation of Mechanoreceptors and Free Nerve Endings in Human Lateral Ankle Ligaments. **Foot Ankle Internat.**, v. 29, n.1, p. 87-90, Jan. 2008.

- MORISAWA, Y. Morphological study of mechanoreceptors on the coracoacromial ligament. **J Orthop Sci.**, v. 3, p.102-110, 1998.
- MYERS, J.B.; LEPHART, C.M. Sensorimotor deficits contributing to glenohumeral instability. **Clinical Orthopaedics and Related Research.**, v. 400, p. 98-104, 2002.
- MYERS, J.B.; JU, Y.; HWANG, J.; MCMAHON, P.J.; RODOSKY, M.W.; LEPHART, S.M. Reflexive muscle activation alterations in shoulders with anterior glenohumeral instability. **The American Journal of Sports Medicine.**, v. 32, n. 4, P.1013-1021, 2004.
- NEER, C.S.II, FOSTER, C.R Inferior capsular shift for involuntary inferior and multidirecional instability of the shoulder: a preliminary report. **J. Bone Joint Surg. [Am].**, v. 62, p. 897-908, 1980.
- O' BRIEN, S.J.; SCHWARTZ, R.S.; WARREN, R.F.; TORZILLI, P.A. Capsular restraint to anterior-posterior motion of the abducted shoulder: A biomechanical study. **J Shoulder Elbow Surg.**, v. 4, n. 4, p.298-308, July/August. 1995.
- O' BRIEN, S.J.; NEVES, M.C.; ARNOCKY, S.P.; WARREN, R.F.; SCHWARTZ, R.; WICKIEWICZ, T.L. The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder. **Am J Sports Med**, v.18, n.5, p. 449-456, 1990.
- PÖTZL, W.; THORWESTEN, L.; GÖTZE, C.; GARMANN, S.; STEINBECK, J. Proprioception of the shoulder joint after surgical repair for instability. **The American Journal of Sports Medicine.**, v. 32, n. 2, p. 425-430, 2004.
- PINHEIRO JR, J.A.; LEITE, J.A.D.; MELO, F.E.A.; CAVALCANTE JR, J.S.; CAMPOS, A.C.S.; MOTA, C.W.C. Propriedades biomecânicas da banda anterior do ligamento glenohumeral inferior submetido a estresse. **Acta Ortop. Bras.** vol.11, nº.2 ,P.72-78. Abr – Jun, 2003.
- POLLOCK, R.G.; WANG, V.M.; BUCCHIERI, J.S.; COHEN, N.P.; HUANG, C-Y.; PAWLUK, R.J.; FLATOW, E.L.; BIGLIANI, L.U. Effects of repetitive subfailure strain on the mechanical behavior of the Inferior Glenohumeral Ligament. **J Shoulder Elbow Surg.** v. 9, n. 5, p.427-448, Sep- Oct. 2000.
- REIDER, B.; ARCAND, M.A.; DIEHL, L.H.; MROCZEK.; ABULÊNCIA, A.; STROUD, C.; PALM, M.; GILBERTSON, J.; STASZAK, PATRICIA. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. **J. Arthrosc. Rel. Surg.**; v. 19, n1, p.2-12, Jan.2003.
- RIEMANN, B.L.; LEPHART, S.M. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. **Journal of Athletic Training.**, v. 37, n. 1, p.80-84, mar. 2002.
- ROBINSON, A.P.; TEARSE, D.S.; KOCH, B.; CALLAGHAN, J.J.; BRAND, R.A. Mechanoreceptors in capsular and juxtalabral tissue of the human shoulder. **J Shoulder Elbow Surg** (Abstracts) 4:S2, 1995.
- ROKITO, A. S.; BIRDZELL, M. G.; CUOMO, F.; PAOLA, M. J.; ZUCKERMAN, J. D. Recovery of shoulder strength and proprioception after open surgery for recurrent anterior instability: a comparison of two surgical techniques. **J Shoulder Elbow Surg.**, v.19, p.564-569, 2010.

STEFKO, J.M.; TIBONE, J.E.; CAWLEY, P.W.; ELATTRACHE, N.E.; MCMAHON, P.J. Strain of the anterior band of the inferior glenohumeral ligament during capsule failure. **J Shoulder Elbow Surg.**, v .6, n.5, p.473-479, Sep-Oct. 1997.

STEINBECK, J.; BRÜNTRUP, J.; GRESHAKE, O.; PÖTZL, W.; FILLER, T.; LILJENQVIST, U. Neurohistological examination of the inferior glenohumeral ligament of the shoulder. **Journal of Orthopaedic Research.**, v.21, p.250-255, 2003.

STEINBECK, J.; LILJENQVIST, U.; JEROSCH, J.: The anatomy of the glenohumeral ligamentous complex and its contribution to anterior shoulder stability. **J Shoulder Elbow Surg.**, v .7, n.2, p.122-126, Mar-Apr. 1998.

SOLOMONOW, M.; GUANCHE, C.; WINK, C.; KNATT, T.; BARATTA, R. V.; LU, Y. Mechanoreceptors and reflex arc in the feline shoulder. **J Shoulder Elbow Surg.**, v.5, n.2, p.139-146, 1996.

SOSLOWSKY, L.J.; MALICKY, D.M.; BLASIER, R.B.: Active and passive factors in inferior glenohumeral stabilization: a biomechanical model. **J Shoulder Elbow Surg.**, v .6, n.4, p.371-379, Jul-Aug. 1997.

SWANIK, K. A.; LEPHART, S. M.; SWANIK, C. B.; LEPHART, S. P.; STONE, D. A.; FU, F. H. The effects of shoulder pyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. **J Shoulder Elbow Surg.**, v.11, n.6, p.579-586, 2002.

TIBONE, J.E.; FECHTER, J.; KAO, J. Evolution of a proprioception pathway in patients with stable and unstable shoulders with somatosensory cortical evoked potentials. **J Shoulder Elbow Surg.** v. 5, n.4, p. 269-79, Sep- Oct. 1997.

TICKER, J.B.; BIGLIANI, L.U.; SOSLOWSKY, L.J.; PAWLUK, R.J.; FLATOW, E.L.; MOW, V.C. Inferior glenohumeral ligament: geometric and strain-rate dependent properties. **J Shoulder Elbow Surg.** v. 6, n.5, p. 440-43, Jul-Aug. 1996.

TURKEL, S.J.; PANIO, M. MARSHALL, J.L.. Stabilizing mechanism preventing anterior dislocation of the glenohumeral Joint. **J Bone Joint Surg(Am)** , v.63A, p. 1208-1217, 1981.

URI, O.; PRITSCH, M.; ORAN, A.; LIEBERMANN, D. G. Upper limb kinematics after arthroscopic and open shoulder stabilization. . **J Shoulder Elbow Surg.**, v .24, p.399-406, Sep-Oct. 2015.

VANGNESS JUNIOR, C. T.; ENNIS, M.; TAYLOR, J. G.; ATKINSON, R. Neural anatomy of the glenohumeral ligaments. Labrum and subacromial bursa. **Arthroscopy.**, v. 11, n. 2, p. 180-184, Apr. 1995.

VEGA, J.A.; LÓPEZ-MUÑIZ, A.; CALAVIA, M.G.; GÁRCIA-SUAREZ, O.; COBO, J.; OTERO, J. ARIAS-CARRIÓN, O.; PÉREZ-PIÑERA, P. MENÉNDEZ-GONZÁLEZ, M.: Clinical Implication of Meissner's Corpuscles. **CNS & Neurological Disorders.**, v. 11, p.1-13, 2012.

WANG, V.M.; FLATOW, E.L. Pathomechanics of acquired shoulder instability: A basic science perspective. **J Shoulder Elbow Surg.**, v .14, n.1S, p.2-11, Jan-Feb, 2005.

WARNER, J.J.P.; DENG, X.H.;WARREN, R.F.; TORZILLI,P.A. Static capsuloligamentous restrains to superior-inferior translation of the glenohumeral joint. **Am J Sports Med**, v. 20, n.6, p.675-685, 1992.

WITHERSPOON, J.W.; SMIRNOVA,I.V.; MCIFF. Neuroanatomical distribution of mechanoreceptors in the human cadaveric shoulder capsule and labrum. **J. Anat**, v.225, p. 337-345, 2014.

WU , XIAOCHAUM.;SONG, WEIDONG.;ZHENG, CUIHUAN.; ZHOU,SHIXIONG.; BAI , SHENGBIN. Morphological study of mechanoreceptors in collateral ligaments of the ankle joint. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, published online 2015.

ZIMMERMAN, L.M.; Veith I: Great Ideas in the History of Surgery: Clavicle, Shoulder, Shoulder Amputations. Baltimore: Williams & Wilkins, 1961.

ZIMNY, M.L.; SCHUTTE, M. Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. **Anat Rec.**, v. 214, n.2, p. 204-209, 1986.

ZUCKERMAN, J.D.; GALLAGHER, M.A.; CUOMO, F.; ROKITO. A. The effect of instability and subsequent anterior shoulder repair on proprioceptive ability. **J Shoulder Elbow Surg**, v 12 , n. 2, p. 105-9. Mar-Apr , 2003.