

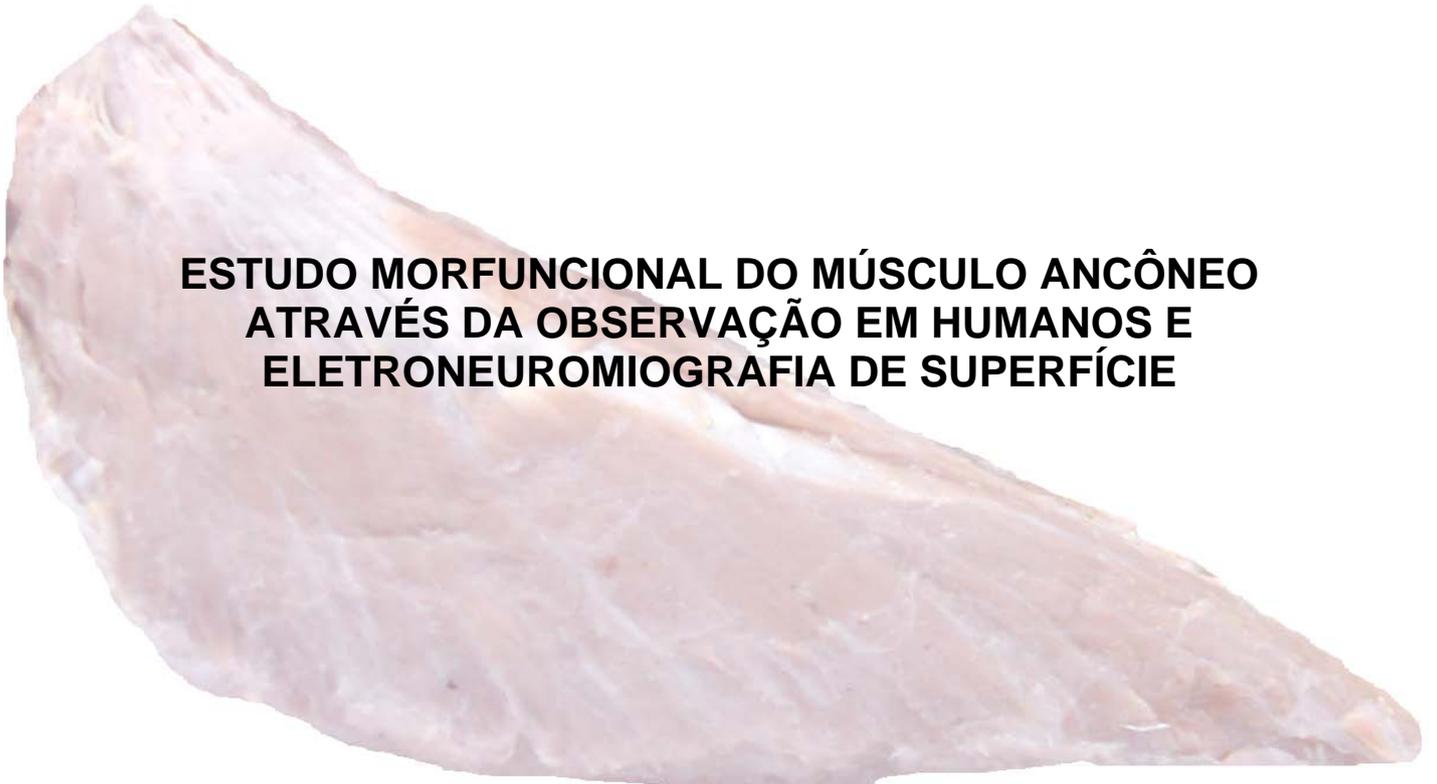
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM PATOLOGIA

Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano

**ESTUDO MORFUNCIONAL DO MÚSCULO ANCÔNIO
ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO EM HUMANOS E
ELETRONEUROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE**

Recife
2006

Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano



**ESTUDO MORFUNCIONAL DO MÚSCULO ANCÔNIO
ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO EM HUMANOS E
ELETRONEUROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE**

Recife
2006

Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano

**ESTUDO MORFUNCIONAL DO MÚSCULO ANCÔNIO
ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO EM HUMANOS E
ELETRONEUROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE**

**Dissertação apresentada ao Mestrado
de Patologia da Universidade Federal
de Pernambuco na área de
concentração de Morfologia Aplicada,
para a obtenção do título de Mestre em
Morfologia.**

Orientador: Prof. Dr. Ademar Afonso de Amorim Junior.

Co-Orientador: Prof. Dr. Otávio Gomes Lins.

Recife
2006



Universidade Federal de Pernambuco
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PATOLOGIA

AUTOR: MARIA DAS GRAÇAS WANDERLEY DE SALES CORIOLANO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MORFOLOGIA APLICADA A PATOLOGIA
NOME DA TESE: “Estudo morfofuncional do músculo ancônio através da observação em humanos e eletroneuromiografia de superfície”
ORIENTADOR: Ademar Afonso de Amorim Júnior
CO-ORIENTADOR: Prof. Otávio Gomes Lins

TESE DEFENDIDA E APROVADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM PATOLOGIA.

DATA: 05 de dezembro de 2006

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Silvia Regina Arruda de Moraes *Silvia Regina*

Profa. Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim *Marleyne Amorim*

Profa. Belmira Lara da Silveira Andrade da Costa *Belmira Lara da Costa*

Coriolano, Maria das Graças Wanderley de Sales

Estudo morfuncional do músculo ancôneo através da observação em humanos e eletroneuromiografia de superfície/ Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano. – Recife: O Autor, 2006.

114 folhas : il., fig., gráf., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCS. Patologia, 2006.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Músculo ancôneo - Morfologia. 2. Sistema muscular – Músculo ancôneo. I. Título.

611.73
611.73

CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.) ;

UFPE
CCS2006-040

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Edmar e Diva, à Micheli, irmã, e à Lucas, sobrinho. Pessoas especiais e muito importantes na minha vida.

À Jonas Coriolano, marido, pelo carinho, compreensão, colaboração e zelo em todos os momentos.

Aos meus avós, Amaro e Deolinda (*in memoriam*) que representavam carinho, solidez e força, ainda muito presentes em minhas lembranças, apesar dos longos anos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores orientadores, Prof. Ademar Amorim e Prof. Otávio Lins, que estiveram ao meu lado nessa jornada, e que depositaram nessa proposta de trabalho dedicação e incentivo.

À Emmeline Costa de Lima e Jaqueline M^a Santos de Melo que contribuíram no que foi preciso para a realização do trabalho no laboratório de eletroneuromiografia do hospital das clínicas da UFPE. Meus agradecimentos também aos demais voluntários que participaram desta etapa do trabalho.

Ao Departamento de Anatomia da UFPE, através da Prof^a Elizabeth da Silveira Neves, e aos técnicos do setor, pelo acesso às peças anatômicas.

À Prof. Silvia Regina Arruda de Moraes que ao longo da minha formação acadêmica semeou a paixão pela anatomia e me mostrou os primeiros passos para a pesquisa nesse campo.

Ao Prof. Bianor da Hora, anatomista, autor do trabalho: O “musculus anconeus”, contribuição ao estudo da sua arquitetura e das suas funções. Sua obra me incentivou ainda mais no estudo da arquitetura muscular.

Ao Dr. Arturo, que contribuiu para uma das etapas deste estudo, através do seu trabalho na área de diagnóstico por imagem.

RESUMO

WANDERLEY, G. Estudo morfuncional do músculo ancôneo através da observação em humanos e eletroneuromiografia de superfície. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Patologia – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

Introdução: O músculo ancôneo, que apresenta características peculiares, é mencionado escassamente na literatura científica. Ele é considerado por alguns autores um prolongamento vestigial do m. tríceps braquial, com o qual pode estar fundido, enquanto outros autores o consideram um músculo independente. O m. ancôneo está ativo durante a extensão do cotovelo, porém sua ação extensora efetiva é pequena, sendo o m. tríceps braquial o principal responsável por este movimento. O m. ancôneo parece atuar também como um estabilizador da articulação do cotovelo. Há poucos estudos abordando os aspectos da arquitetura muscular do ancôneo. *Objetivo:* Este trabalho visou (1) estudar as características morfológicas e arquiteturais do ancôneo, (2) analisar alguns aspectos cinesiológicos que ajudem a clarificar a função do músculo e (3) mapear a sua área de placa motora. *Material e Método:* Para o estudo morfológico e arquitetural do m. ancôneo dissecamos vinte membros superiores de cadáveres fixados em formol, adultos, sem distinção de sexo, idade ou grupo étnico. Para analisarmos a ação do ancôneo na articulação do cotovelo modelamos sua ação decompondo o vetor de força do músculo em dois componentes funcionais ortogonais: um componente tangencial (único efetivo na produção de movimento rotatório) e um componente radial (estabilizador ou de coaptação). O mapeamento da área de placa motora do m. ancôneo foi realizado a partir do registro do potencial de ação composto do músculo sobre a pele que recobre o m. ancôneo. *Resultados e conclusões:* O ancôneo é um músculo independente que apresenta origem e inserção distinta do m. tríceps

braquial. Do ponto de vista arquitetural o ancônio é um músculo penado com fibras musculares medindo cerca de um terço do comprimento total do músculo. Portanto, o ancônio apresenta características de um músculo de força e não de um músculo de excursão. O m. ancônio encontra-se ativo durante a extensão do cotovelo, porém a maior parte de sua força é modelada pelo componente radial (estabilizador). O componente tangencial, único efetivo na produção de movimento rotatório, é muito pequeno. Portanto, a função principal do m. ancônio parece ser de estabilizar a articulação do cotovelo durante o movimento de extensão. A área de placa motora do m. ancônio é uma linha paralela à ulna. Esta disposição da área de placa motora pode ser prevista pela localização do ponto de inervação no meio das fibras musculares e pela forma arquitetônica do ancônio - um músculo penado com fibras que saem obliquamente de uma expansão tendinosa inserindo-se ao longo da ulna.

Palavras-chave: Ancônio, morfologia, arquitetura muscular, cinesiologia, área de placa motora.

ABSTRACT

Introduction: The anconeus, a muscle with peculiar characteristics, is scarcely mentioned in the scientific literature. It is considered by some authors a part of the triceps muscle, while other authors consider it an independent muscle. The anconeus muscle is active during the extension of the elbow, however its effective action on elbow extension is small and the triceps muscle is the main extensor of the elbow. The anconeus muscle may also act as a stabilizer of the elbow joint. There are few studies on the architectural features of the anconeus muscle. *Objectives:* The aim of this work was (1) to study the morphological and architectural features of the anconeus muscle, (2) to analyze some kinesiological aspects that could help clarify its function and (3) to map its motor end-plate area. *Material and method:* For the morphologic and architectural studies we dissected twenty adult cadavers fixated with formalin, without distinction of sex, age and ethnic group. To study the action of the anconeus on the elbow joint we modeled the force vector of the muscle by two orthogonal functional components: A tangential component (the only effective in production of rotatory movement) and a radial component (effective on stabilizing the joint). Mapping of the motor end-plate was performed by analyzing the composed muscle action potential recorded over the skin to recover the muscle. *Results and conclusions:* The anconeus muscle is an independent muscle, presenting origin and insertion distinct from the triceps. Architecturally the anconeus is a pennate muscle, with its muscle fibers measuring about one third of the length of the entire muscle. Therefore, the anconeus presents features of a force muscle, instead of an excursion muscle. The anconeus muscle is active during elbow extension, however most of its force is modeled by the radial (stabilizing) component. The tangential component, the only effective on producing movement of rotation, is very small. Therefore, the

main function of the anconeus muscle seems to be to stabilize the elbow joint during extension. The motor end-plate area of the anconeus muscle is a line parallel to the ulna. This shape of the motor end-plate area may be predicted by the location of the innervation point in the middle of the muscle fibers and by the architectural features of the anconeus - a pennate muscle with fibers that leaves obliquely a tendon expansion and travel towards the ulna, where it attaches.

Key words: Anconeus, morphology, muscular architecture, kinesiology, motor end-plate area.

LISTA DE FIGURAS

Revisão de Literatura

-Figura 1 (Modificada do Netter, 2004): Dissecção superficial dos músculos do antebraço na vista posterior, observando a localização do m. ancônio (seta vermelha) e suas relações de vizinhança.	.....19
-Figura 2 (Modificada do Prometheus, 2006): Representação esquemática do m. ancônio, demonstrando a sua forma triangular com fibras divergindo da origem como num leque.	.....20
-Figura 3 (Hora, 1959): Forma do m. ancônio e suas bordas.	.....21
-Figura 4 (Hora, 1959): O m. ancônio dividido em partes de acordo com o comprimento e orientação das fibras musculares.	.....22
-Figura 5 (Modificada do Netter, 2004): Mostra o trajeto do nervo radial e o ramo para o m. ancônio.	.....23
-Figura 6 (Fowler, 1995): Diagrama dos músculos indicando a placa motora: o diagrama acima dos músculos as placas motoras são indicadas por uma seqüência de pontos que formam uma linha. Cada linha está situada no meio da fibra muscular. A, ilustra um músculo (intercostal) que consiste em curtas fibras paralelas; B, mostra um músculo fusiforme tal como uma cabeça do tríceps; C, é um músculo unipenado (flexor longo do polegar); D, mostra o arranjo das fibras em um músculo bipenado (reto femoral); E, representa o reto abdominal que é dividido por intersecções tendinosas em vários segmentos como uma correia; F, mostra um músculo multipenado como o deltóide.	.....24
Capítulo 1	
-Figura 1 Dissecção do m.ancônio ilustrando a sua forma triangular e a disposição das fibras musculares que partem do seu tendão.	.....32
-Figura 2 Ilustra o m. ancônio com as bordas, o ápice e a base.	.....33
-Figura 3 A seta aponta para a expansão tendinosa do m. ancônio com aspecto cilíndrico. (A12).	.....35
-Figura 4 A seta aponta para a expansão tendinosa do m. ancônio com aspecto plano em leque. A estrela marca	.....35

o local do tendão de origem comum dos músculos extensores do punho. (A 11).	
-Figura 5	.....40
Ilustra o ancôneo, a expansão tendinosa ao longo da borda látero-inferior e as fibras do músculo classificadas de acordo com a orientação.	
-Figura 6	.....41
Medida do ângulo de penação do ancôneo em relação ao eixo de geração de força (tendão) de um voluntário representativo. Imagem do ultrassom	
-Figura 7	.....46
(Modificado de Smith, 1991): Arranjos dos fascículos musculares: a- bipenado – reto femoral; b- fusiforme – braquial; c- multipenado – deltóide; d- longitudinal – sartório; e- radiado – peitoral maior f- unipenado – tibial posterior.	
-Figura 8	.....46
(Hamill, 1999): Comprimento das fibras musculares: à direita, um músculo fusiforme; à esquerda, um músculo penado.	
-Figura 9	.....53
(Modificada de Hamill, 1999): ASTF e ASTA: nas imagens A e B as secções transversais anatômicas das fibras penadas e fusiformes respectivamente; na imagem C a secção transversal fisiológica da fibra penada.	
Capítulo 2	
-Figura 1	.....59
Cotovelo em flexão de 90°. A estrela anterior representa o fulcro. A estrela posterior representa a origem do ancôneo. O Vm (vetor de força do músculo) orienta-se em direção à origem do músculo.	
-Figura 2	.....59
Cotovelo em flexão crescente: 30°, 90° e flexão total, respectivamente.	
-Figura 3	.....59
Cotovelo em flexão de 90°, comparando os vetores: m. ancôneo e m. tríceps braquial respectivamente.	
-Figura 4	.....64
(Rasch, 1991): Resolução de um vetor que representa uma força muscular. X é o centro da articulação, em torno do qual o osso gira. OM é um vetor representando um músculo tracionando com uma força de 100 Kg a um ângulo de 50° do osso. OR é o componente rotatório; OS é o componente estabilizador.	

Capítulo 3

-Figura 1	.....70
Eletrodo desenvolvido para o estudo.	
-Figura 2	.....71
Realização do experimento em um dos sujeitos.	
-Figura 3	
Resultados do experimento em um dos sujeitos.	
-Figura 4	.....72
Representação das áreas de placa dos 12 sujeitos (linhas finas) e da “área de placa média” (a linha mais grossa).	.....73
-Figura 5	
Representação da placa motora prevista do ancôneo em uma peça anatômica.	.....75

LISTA DE GRÁFICOS**Capítulo 1**

-Gráfico 1	.....38
Correlação entre o comprimento da ulna e a inserção da base do ancôneo. Medidas em cm.	
-Gráfico 2	.....38
Correlação entre a expansão tendinosa na borda látero-inferior. Medidas em cm.	
-Gráfico 3	.....43
(Abrams, 2005): Comprimento da fibra muscular (cm) versus área de secção transversal fisiológica (ASTF em cm ²).	
-Gráfico 4	.....52
(Lieber, 2000): Comparação entre as áreas de secção transversal fisiológicas (cm ²) dos músculos: ANE, ancôneo neste estudo; PQ, pronador quadrado e POP, poplíteo respectivamente.	
-Gráfico 5	.....54
(Modificado de Lieber, 2001): Este gráfico pode ser usado para comparar a força relativa e a capacidade de excursão dos músculos. A estrela é o m.ancôneo deste estudo; BR=m.braquirradial; ECRB=m.extensor radial curto do carpo; ECRL=m.extensor radial longo do carpo; ECU=m.extensor ulnar do carpo; EDCI, EDCR e EDCS=m.extensor comum dos dedos para o indicador, anular e dedo mínimo respectivamente; EDQ=m.extensor do quinto dedo; EIP=m.extensor próprio do indicador; EPL=m.extensor longo do polegar; FCR=m.flexor radial do carpo; FDPI, FDPR e FDPS=mm. flexores profundo dos dedos; FDSI, FDSM e FDSR=mm. flexores superficiais dos dedos; PQ=m.pronador quadrado; PL=m.palmar longo; PT=m.pronador redondo.	

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

-Tabela 1	.....	34
Mostra a forma da expansão tendinosa nos 20 membros dissecados e identificados com a letra A.		
-Tabela 2	.....	37
MS é membro superior; BS é borda superior; Borda LI é borda látero-inferior. Todas as medidas em cm. O I.V é o intervalo de variação, ou seja, a diferença entre o mais alto e o mais baixo valor observado. * indica os valores mais altos e ■ indica os valores mais baixos.		
-Tabela 3	.....	39
Média dos comprimentos das fibras musculares do ancôneo em cada porção e a média total. O I.V é o intervalo de variação, ou seja, a diferença entre o mais alto e o mais baixo valor observado. * indica os valores mais altos e ■ indica os valores mais baixos.		
-Tabela 4	.....	41
Ângulo de penação de 7 voluntários. I.V é o intervalo de variação, ou seja, a diferença entre o mais alto e o mais baixo valor observado. * indica os valores mais altos e ■ indica os valores mais baixos.		
-Tabela 5	.....	42
Propriedades da arquitetura do ancôneo. Os valores são as médias em cm.		
-Tabela 6	.....	48
Comprimento das fibras do ancôneo e área de secção transversal fisiológica.		
-Tabela 7	.....	55
Comparação entre os dados do autor (dez peças humanas) e os dados deste estudo (quinze peças humanas). Medidas em cm.		

Capítulo 3

-Tabela 1	.....	73
Comprimento da área de placa e distância (perpendicular) entre a ulna e o início e fim da área de placa (em centímetros) dos 12 sujeitos. X = Média, DP = Desvio padrão. * indica valores mais altos e ■ indica valores mais baixos.		

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. ASTA – área de secção transversal anatômica.
2. ASTF – área de secção transversal fisiológica.
3. cm – centímetro.
4. Cf – comprimento da fibra muscular.
5. Cm – comprimento do músculo.
6. Cf/Cm – índice de design.
7. cos. – coseno.
8. m. - músculo.
9. mm. – músculos.
10. ms – mili-segundo.
11. mA – mili-amper.
12. PAMC – potencial de ação muscular composto.
13. TER – teste de estimulação repetitiva.
14. Vc – vetor de coaptação articular (estabilizador).
15. Ve – vetor efetivo (de giro).
16. VM – vantagem mecânica.
17. Vm – vetor do músculo.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	v
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Gráficos.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xi
Introdução.....	14
Revisão de Literatura.....	19
Capítulo 1: Estudo Morfológico Macroscópico	
Introdução.....	28
Material e Método.....	29
Resultados.....	32
Discussão.....	43
Capítulo 2: Estudo Cinesiológico	
Introdução.....	57
Material e Método.....	58
Resultados.....	60
Discussão.....	61
Capítulo 3: Mapeamento da Área de Placa Motora	
Introdução.....	68
Material e Método.....	69
Resultados.....	72
Discussão.....	74
Conclusões.....	76
Referências.....	78
Anexos:	
Anexo A.....	84
Relatório de aprovação do comitê de ética em pesquisa com seres humanos do CCS.	

Anexo B	85
Artigo submetido à revista Arquivos de Neuropsiquiatria.	
Anexo C	97
Certificado de apresentação de pôster no Congresso Brasileiro de Neurologia (19 a 23/08/2006) com o título: mapeamento da placa motora do músculo ancônio como recurso para testes de estimulação repetitiva nas desordens de transmissão neuromuscular.	
Anexo D	98
Certificado de apresentação de pôster no Congresso Brasileiro de Anatomia (08 a 12/10/2006) com o título: estudo morfológico do músculo ancônio através da observação em humanos.	
Anexo E	99
Artigo submetido pelo e-mail mdelsol@ufro.cl à Revista International Journal of Morfology.	
Anexo F	111
Figuras das vinte dissecações realizadas.	

INTRODUÇÃO

Há uma extensa variação no tamanho, forma e complexidade dos músculos, estando cada um adaptado para fornecer um grau apropriado de direção e força de contração, suficientes para satisfazer às características das articulações sobre as quais eles atuam (GRAY, H., 1979).

O músculo (m.) ancônio apresenta características peculiares e é mencionado escassamente na literatura científica, sendo considerado como um prolongamento vestigial do m. tríceps braquial com o qual pode estar fundido. Essa idéia de fusão com o m. tríceps braquial é compartilhada por alguns autores (TESTUT, L.; LATARGET, A., 1975; GRAY, H. 1988; PLATZER, W., 1988; MOORE, K.L., 2001), contudo a questão é ainda controversa, pois existem relatos de sua individualidade (HORA, B., 1959; PROMETHEUS, 2006).

O ancônio é um músculo triangular, cujo tendão se origina no epicôndilo lateral do úmero, e se insere na face lateral do olécrano e no 1/4 superior da superfície posterior da borda da ulna (CUNNINGHAM, D.J., 1949; DALLALANA, E.M. et al., 1985; ABRAHAMSSON, S. et al., 1987; GARDNER, E. et al., 1988; ASHWORTH, C. et al., 1990; KENNETT, R. P.; FAWCETT, P. R. W., 1993; DÂNGELO, J.G.; FATTINI, C.A., 2000).

O m. ancônio é innervado por um ramo do nervo radial que também inerva a cabeça medial e lateral do m. tríceps braquial (KENNETT, R. P.; FAWCETT, P. R. W., 1993; FERREIRA, A.S., 1999).

Os aspectos morfológicos macroscópicos do m. ancôneo e suas relações anatômicas são questionadas, e maior discussão existe sobre a sua real ação na articulação do cotovelo.

A ação de um músculo pode ser estimada pelo direcionamento de suas fibras e pelos seus pontos de origem e inserção. Quando a inserção fixa de um músculo encontra-se distante da junta e a inserção móvel próxima dela, há um poderoso componente de deslocamento e somente um modesto componente de coaptação, tal músculo tem sido designado músculo de excursão (GRAY, H., 1979). Em contraste, o autor afirma que um músculo de estabilização, que se origina em uma base fixa próxima à uma junta e tem uma inserção móvel em um ponto mais distante, mostra uma força importante agindo ao longo do osso, para a articulação em todas as suas posições, mas apresenta um componente de deslocamento insignificante. Tais forças podem suportar a carga, por exemplo, do braço pendente, mas durante um deslocamento rápido de um segmento do membro, a força centrífuga originada que tende a separar as superfícies articulares é muito grande para ser contrabalanceada apenas pela musculatura de excursão. (GRAY, H., 1979).

O m. ancôneo se encontra ativo durante a extensão do cotovelo (KENNETT, R. P.; FAWCETT, P. R. W., 1993; DÂNGELO, J.G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001), todavia apresenta um pequeno momento de ação como extensor desta articulação e sua função é secundária, sendo o m. tríceps braquial o principal responsável por este movimento (ASHWORTH, C. et al., 1990; KAPANDJI, I.A., 2000; SPENCER, A.P., 1991; DÂNGELO, J.G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001).

Contudo, acredita-se que o m. ancôneo possa atuar como estabilizador do cotovelo (BASMAJIAN, J.V. et al., 1972; KISNER, C.; COLBY, L. A., 1989) e devido a sua inserção, através de algumas fibras, na cápsula articular é provável que o m. ancôneo evite pinçamentos desta estrutura durante o movimento de extensão tracionando a cápsula articular (HORA, B., 1959; PLATZER, W., 1988).

No intuito de entender melhor o funcionamento desse músculo um estudo sobre o arranjo macroscópico das fibras musculares se faz necessário, pois a arquitetura muscular é determinante primário da função muscular (LIEBER, R. L.; FRIDEN, J., 2000; ABRAMS, G.D. et al., 2005). Entender a relação entre a estrutura e a função é de relevância prática e para iniciar esse estudo é importante conhecer a arquitetura do músculo esquelético, definida como “o arranjo das fibras musculares dentro de um músculo em relação ao eixo de geração de força”. De acordo com esse arranjo existem dois tipos básicos de arquitetura das fibras musculares: longitudinal e penada (LIEBER, R. L.; FRIDEN, J., 2001).

Além dessa classificação a determinação da área de secção transversal fisiológica é importante no estudo morfológico macroscópico, e indica a característica funcional do músculo através da medida do ângulo de penação, do comprimento da fibra muscular e da densidade do tecido (LIEBER, R. L.; FRIDEN, J., 2000 e 2001).

Hora, B. (1959) realizou um estudo detalhado do m. ancôneo onde avaliou a forma do músculo e do seu tendão, as relações com os músculos vizinhos e aspectos de sua arquitetura muscular.

O objetivo do nosso estudo foi: 1. Avaliar os aspectos da arquitetura muscular do ancônio através da dissecação de 20 membros superiores de cadáveres previamente fixados em formol realizando medidas que serão fundamentais para a compreensão dessa estrutura; 2. Enfatizar as propriedades macroscópicas do tecido muscular esquelético, incluindo uma abordagem cinesiológica, onde a comparação entre os vetores de força do m. ancônio e do m. tríceps braquial ajudará a esclarecer a relação de sinergismo existente entre esses músculos, fundamental para a associação entre forma e função, fato esse negligenciado nos trabalhos recentes; 3. Mapear a área de placa motora do m. ancônio em 12 voluntários saudáveis.

Para a realização desse experimento foi fundamental a precisa localização do ramo do nervo radial que inerva o m. ancônio, reforçando o valor do estudo morfológico prévio. Entretanto é necessária uma definição clara da localização da área de inervação muscular para uma precisa interpretação do sinal obtido pela eletroneuromiografia de superfície na clínica e na pesquisa (FALLA, D. et al. 2001). Esse dado foi fundamental para a compreensão do funcionamento do músculo, bem como um instrumento para a realização de testes de estimulação repetitiva no diagnóstico dos distúrbios da transmissão neuromuscular, como a miastenia grave (KENNETT, R. P.; FAWCETT, P. R. W., 1993; COSTA, J. et al., 2004).

Tendo em vista que nosso estudo decorre sobre três pontos principais estruturamos os nossos dados em 3 capítulos. No capítulo 1, abordamos os aspectos morfológicos macroscópicos e morfométricos do m. ancônio, assim como uma análise da arquitetura muscular. No capítulo 2, realizamos uma análise cinesiológica do m. ancônio com o cotovelo posicionado em ângulos

diferentes e em comparação com o m. tríceps braquial. Finalmente, no capítulo 3, discutimos a localização da área de placa motora do m. ancôneo comparando-a com as características arquiteturas do músculo.

REVISÃO DE LITERATURA

O MÚSCULO ANCÔNEO

O músculo ancôneo localiza-se póstero-lateralmente no antebraço ocupando o compartimento extensor-supinador, entre a borda posterior da ulna, que o separa do m. flexor ulnar do carpo, e a artéria radial. O músculo está aderido à fáscia antebraquial que o recobre (STEINMANN, S.P. et al., 2000), prendendo-se ainda no septo intermuscular que o separa do m. extensor ulnar do carpo (GRAY, H., 1979,1988; SNELL, R.S.,1999; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L.,2001).

O m. ancôneo é pequeno, porém proeminente e superficial, o que facilita a sua identificação (GOODGOLD, J. 1974). Ele faz parte do grupo de músculos dorsais superficiais do antebraço (figura 1), juntamente com o m. extensor dos dedos, o m. extensor do dedo mínimo e o m. extensor ulnar do carpo (GRAY, H. 1988).

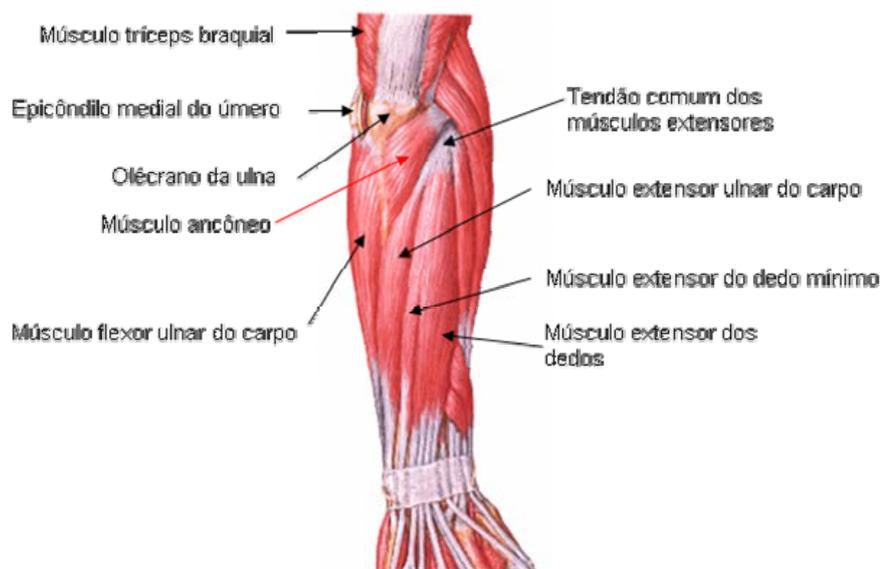


Figura 1
(Modificada do Netter, 2004): Dissecção superficial dos músculos do antebraço na vista posterior, observando a localização do m. ancôneo (seta vermelha) e suas relações de vizinhança.

Em muitas ilustrações (figura 2) o ancônio é mostrado como um músculo triangular com fibras que divergem de sua origem como um leque (WOLF, H.; SOUZA, O.M., 2000; WOODBURN, R.T., 1978; NETTER, F.H., 2004; KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, W., 2000; PROMETHEUS, 2006).

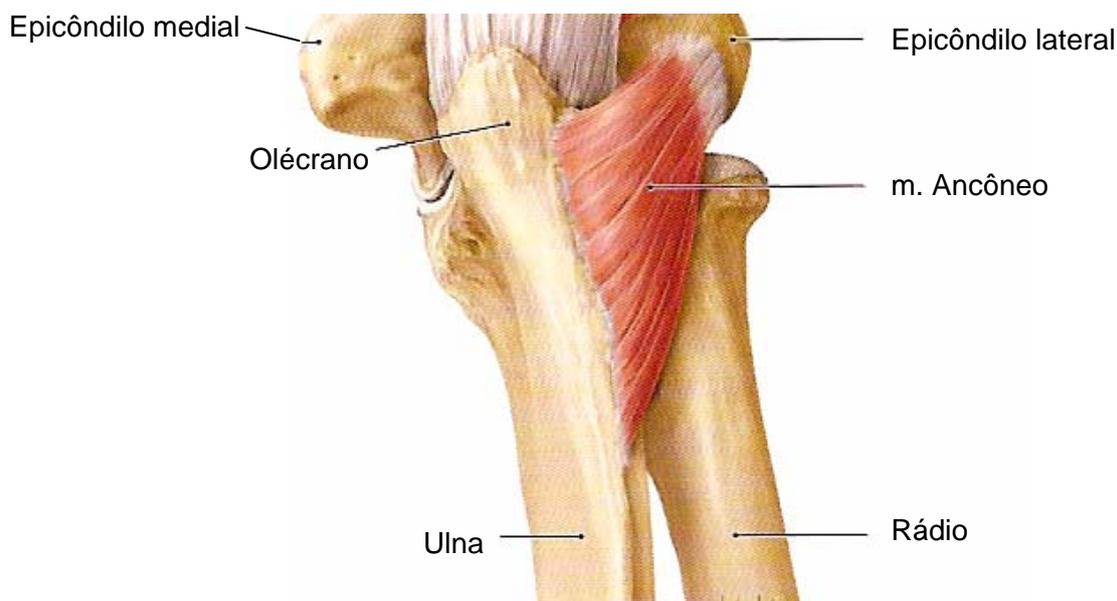


Figura 2

(Modificada do Prometheus, 2006): Representação esquemática do m. ancônio, demonstrando a sua forma triangular com fibras divergindo da origem como num leque.

Hora, B. (1959) observando as características morfológicas do m. ancônio descreveu que as suas fibras se originam ao longo de uma expansão tendinosa, que apresenta um aspecto ora cilíndrico ora plano, e dirigem-se obliquamente inserindo-se na ulna. O autor observou ainda que o m. ancônio apresentava: 1) duas faces, uma anterior e outra posterior; 2) duas bordas, uma superior ligeiramente oblíqua, quase horizontal, e outra borda látero-inferior muito oblíqua; 3) um ápice, localizado posteriormente ao epicôndilo lateral do úmero e 4) uma base que constitui a superfície de inserção ulnar.

O tendão de origem do m. ancônio progride pela sua borda látero-inferior até próximo a sua terminação (Figura 3). Os feixes musculares do m. ancônio se prendem a este tendão formando com ele um ângulo e se dirigem para a superfície

dorsal da ulna. Este ângulo é tanto mais agudo quanto mais distalmente se fixarem as fibras musculares no tendão, evidenciando a arquitetura penada do m. ancônio (HORA, B., 1959).

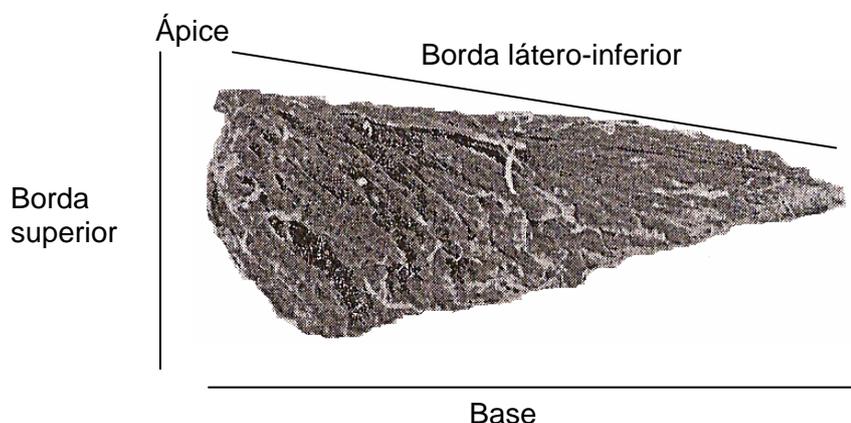


Figura 3
(Hora, 1959): Forma do m. ancônio e suas bordas.

Além dos aspectos morfológicos, Hora, B. (1959) deteve-se também ao estudo arquitetural do m. ancônio através do cálculo direto da sua área de secção transversal fisiológica, que em seus estudos teve como resultado, uma média de 2,2 cm².

Alguns autores consideram o ancônio como um músculo independente (HORA, B., 1959; KENDALL, H.O. et al., 1980; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000), mas existem muitos relatos de que o músculo é uma parte do m. tríceps braquial (TESTUT, L.; LATARGET, A., 1975; SNELL, R.S. 1999; GRAY, H., 1988; PLATZER, W., 1988; HOLLINSHEAD, W. H.; ROSSE, C., 1991; SPENCER, A.P., 1991; KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, W., 2000; MOORE, K.L., 2001). No entanto, o m. ancônio é normalmente descrito apresentando um tendão de origem próprio no dorso do epicôndilo lateral do úmero e inserção na face lateral do olécrano parte proximal da superfície dorsal da ulna (GRAY, H., 1988; JACOB, S. W.

et al., 1990; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001; PROMETHEUS, 2006).

A inserção do m. ancôneo na ulna é ampla e crescente, ou seja, fibras de diferentes comprimentos e orientação partem da expansão tendinosa e se inserem ao longo do segmento proximal da ulna permitindo dividir o músculo em 3 partes (figura 4): proximal, média e distal. As fibras proximais eram menos oblíquas e mais curtas que as fibras médias e medindo feixes de fibras musculares em cada parte, obteve uma média que determinava o comprimento médio das fibras do músculo (2,0 cm). A obliquidade das fibras musculares do ancôneo é bastante variável, mas o comprimento de suas fibras em cada parte variou pouco: fibras proximais: 1,91cm; fibras médias: 2,29 cm e fibras distais: 1,89 cm (HORA, B., 1959).

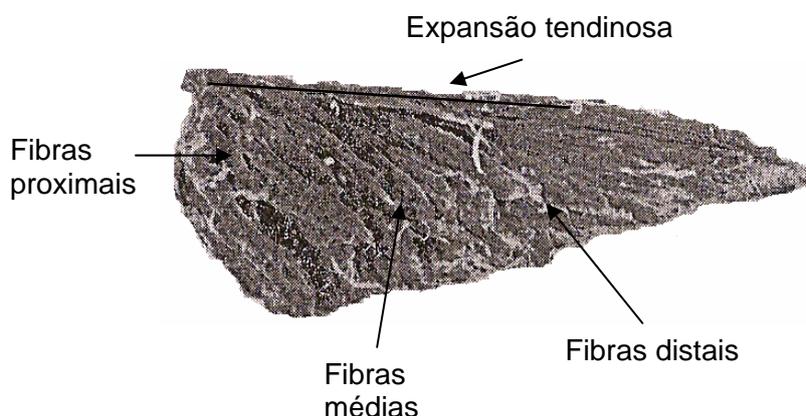


Figura 4
(Hora, 1959): O m. ancôneo dividido em partes de acordo com o comprimento e orientação das fibras musculares.

Palastanga, N., et al. (2000) refere que a longa fixação do m. ancôneo na ulna permite a atuação do músculo na abdução da ulna, essencial se uma ferramenta como uma chave de parafuso estiver sendo usada.

A inervação do m. ancôneo é feita por um ramo do nervo radial (KENDALL, H.O. et al., 1980; HAMILTON, W.J., 1982; HOPPENFELD, S., 1987; DUUS, P., 1989;

DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001) que inerva também as cabeças medial e lateral do m. tríceps braquial (FERREIRA, A.S., 1999). É um longo e delicado ramo (figura 5) que se origina no segmento proximal do nervo radial no terço proximal posterior do braço e segue mergulhado entre as cabeças medial e lateral do m. tríceps braquial até alcançar o m. ancôneo (GRAY, H., 1988). À semelhança do m. tríceps braquial, o m. ancôneo é inervado por axônios provenientes das raízes C7 e C8 (GRAY, H., 1988; PROMETHEUS, 2006). A pele sobre o m. ancôneo é suprida pela raiz de T1 (PALASTANGA, N. et al., 2000).

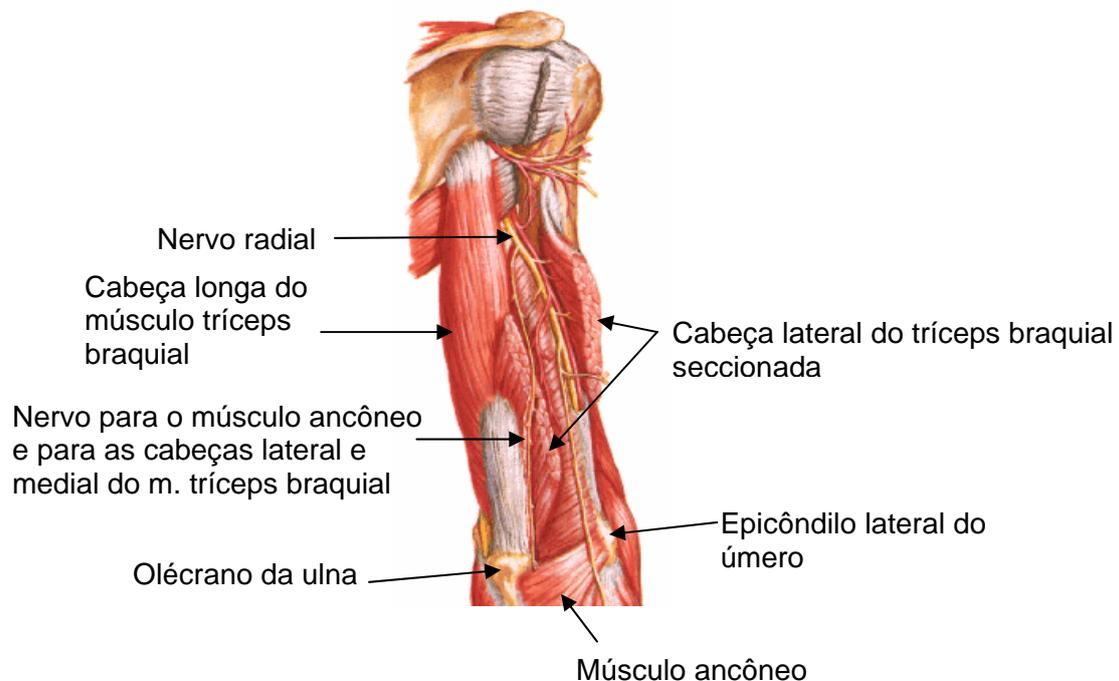


Figura 5
(Modificada do Netter, 2004): Mostra o trajeto do nervo radial e o ramo para o m. ancôneo.

O ramo que inerva o m. ancôneo ao emergir do nervo radial e alcançá-lo estabelece com o mesmo a placa motora ou junção neuromuscular. Esta estrutura é uma porção especializada da fibra muscular em interface com a porção terminal da fibra nervosa (DUMITRU, D., 2000), e em geral está localizada centralmente entre a origem e a inserção da fibra muscular (BROWN, W.F., 1984).

Para Brown, W.F. (1984) a área de placa motora apresenta um arranjo em ângulo reto em relação à direção das fibras musculares, dispondo-se num padrão simples ou complexo, de acordo com a arquitetura do músculo.

Kennett, R. P.; Fawcett, P. R. W. (1993) referem que a área placa motora do m. ancônio é uma linha paralela à ulna, porém não descreve como mapeou a área da placa motora do músculo.

Fowler, C.J. (1995) ilustra a disposição da área de placa motora em função do arranjo das fibras de diversos tipos de músculos (Figura 6).

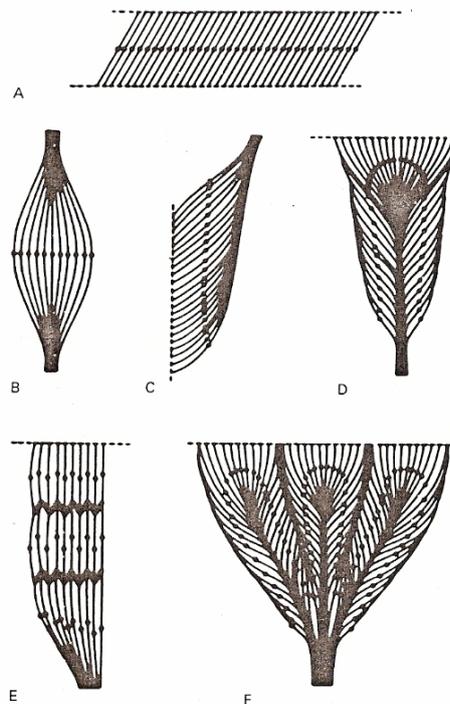


Figura 6

(Fowler, 1995): Diagrama dos músculos indicando a placa motora: o diagrama acima dos músculos as placas motoras são indicadas por uma seqüência de pontos que formam uma linha. Cada linha está situada no meio da fibra muscular. A, ilustra um músculo (intercostal) que consiste em curtas fibras paralelas; B, mostra um músculo fusiforme tal como uma cabeça do m. tríceps braquial; C, é um músculo unipenado (flexor longo do polegar); D, mostra o arranjo das fibras em um músculo bipenado (reto femoral); E, representa o reto abdominal que é dividido por intersecções tendinosas em vários segmentos como uma correia; F, mostra um músculo multipenado como o deltóide.

O m. ancônio é irrigado pela artéria recorrente radial posterior, que envia ramos transversais para a região profunda do músculo (TESTUT, L.; LATARGET, A., 1975).

O ancônio é geralmente considerado um músculo extensor do cotovelo (CUNNINGHAM, D.J., 1949; GOODGOLD, J., 1974; WOODBURNE, R.T., 1978; SOUZA, R.R., 1982; SNELL, R.S., 1999; DALLALANA, E.M. et al., 1985; WIRHED, R., 1986; HOPPENFELD, S. 1987; PLATZER, W., 1988; SETTINERI, L.I.C., 1988; GRAY, H., 1988; DUUS, P., 1989; SPENCER, A.P., 1991; CALAIS-GERMAIN, B., 1992; SMITH, L. et al., 1997; PALASTANGA, N. et al., 2000; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001).

Os únicos músculos que atuam na extensão do cotovelo são o m. tríceps braquial e o m. ancônio (RASCH, P.J., 1991; NEUMANN, D.A., 2006), sendo o m. tríceps braquial o principal extensor do cotovelo (KAPANDJI, I.A., 2000).

As cabeças medial e lateral do m. tríceps braquial atuam apenas na articulação do cotovelo. Ambas originam-se no úmero e inserem-se no olécrano da ulna, cruzando apenas a articulação do cotovelo. Já a cabeça longa do m. tríceps braquial origina-se no tubérculo infraglenóide da escápula (LIPPERT, L.S., 2003) e insere-se no olécrano da ulna cruzando duas articulações, a do ombro e a do cotovelo. Tem, portanto, ação tanto na articulação do cotovelo quanto na articulação do ombro (WATKINS, J., 2001).

A cabeça medial do m. tríceps braquial é o extensor primário da articulação do cotovelo, estando ativa em todas as posições, velocidades e resistências (HAMILL, J., 1999; NEUMANN, D.A., 2006). Contudo a cabeça longa do m. tríceps braquial atua basicamente na extensão forçada do cotovelo e sua contribuição para a extensão sem resistência é desprezível (RASCH, P.J., 1991). Já a cabeça lateral

do m. tríceps braquial tem contribuição maior que a cabeça longa na extensão sem resistência do cotovelo e é importante no movimento contra resistência (HAMILL, J.,1999).

Apesar do m. ancônio ter certamente ação extensora na articulação do cotovelo alguns autores consideram que sua contribuição efetiva na extensão do cotovelo não é importante porque seu momento de ação é muito pequeno (KAPANDJI, I.A., 2000; LIPPERT, L.S., 2003). Estes e outros autores como Basmajian, J.V. et al., 1972 e O'Rahilly, R., 1985, atribuem ao ancônio um papel de estabilizador da articulação do cotovelo.

O ancônio encontra-se ativo durante os movimentos de pronação e supinação livre e forçada (GARDNER, E. et al., 1988; KISNER, C.; COLBY, L. A., 1989) e no movimento de flexão do antebraço principalmente contra resistência (HORA, B., 1959). O ancônio também atua como abductor da ulna (GLEASON, T. et al., 1985).

Bozec, S.L.; Maton, B. (1982) e Neumann, D.A. (2006) estudando eletromiogramas de superfície do m. ancônio e do m. tríceps braquial registrados simultaneamente observaram que a atividade do m. ancônio é praticamente constante ao longo de todo o movimento de extensão do cotovelo a baixas velocidades, enquanto a atividade do m. tríceps braquial varia linearmente com o trabalho realizado.

A atividade do m. ancônio sempre precede a atividade do m. tríceps braquial para baixas velocidades, ou seja, a participação do ancônio não excede 10% da força mostrada pelo grupo extensor, pois sua contração máxima é atingida rapidamente e se mantém com o aumento do trabalho, já o m. tríceps braquial

aumenta sua força de contração proporcionalmente com o aumento do trabalho (BOZEC, S.L.; MATON, B., 1982).

O m. ancônio apresenta fibras que se inserem na cápsula articular do cotovelo, e por esta razão Hora, B. (1959) sugeriu que ele atue no sentido de evitar o pinçamento da cápsula durante o movimento de extensão dessa articulação. Outros autores relataram que o m. ancônio traciona a cápsula articular durante a extensão do cotovelo, impedindo que ela seja comprimida durante o movimento (PLATZER, W.,1988; KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, W., 2000; MOORE, K.L., 2001).

CAPÍTULO 1

ESTUDO MORFOLÓGICO MACROSCÓPICO

INTRODUÇÃO

Os músculos produzem força que é transmitida através de uma rede de tecido conjuntivo e tendões para o sistema esquelético promovendo o movimento. Durante a contração da fibra muscular, há um elemento de mudança conformacional na orientação da fibra dada pela variação no ângulo de penação. A complexidade do arranjo da fibra muscular requer que o tendão de origem e de inserção também tenha uma estrutura complexa (FINNI, T., 2006).

A arquitetura do músculo esquelético é definida como o arranjo das fibras musculares dentro do músculo em relação ao eixo de geração de força, portanto, arquitetonicamente os músculos são classificados em fusiformes e penados. A arquitetura de um músculo é um importante determinante de sua função (DELP, S.L. et al., 2001) e seu estudo contribui para a otimização da função muscular na prática desportiva, no tratamento de lesões musculares ou cirurgias de transferência de tendões (ABRAHAMSSON, S. et al., 1987; COEL, M. et al., 1993; STEINMANN, S.P. et al., 2000; ABRAMS, G.D. et al., 2005).

Para determinar a arquitetura do músculo esquelético é importante mensurar o peso do músculo, o ângulo de penação do músculo e o comprimento da fibra muscular. Com esses dados pode-se calcular a área de secção transversal fisiológica que é proporcional à força do músculo. O comprimento da fibra muscular, por sua vez, é proporcional à excursão do músculo (LIEBER, R. L.; FRIDEN, J., 2001).

O objetivo deste estudo foi 1) compreender o arranjo das fibras musculares do ancôneo e a disposição do seu tendão, identificando assim o seu design, 2) verificar a sua relação com as estruturas vizinhas e a proporção de sua inserção na ulna, 3) calcular a sua área de secção transversal fisiológica e indicar a sua característica funcional.

MATERIAL E MÉTODO

Para o estudo morfológico macroscópico do m. ancôneo, dissecamos vinte membros superiores de cadáveres de indivíduos adultos fixados em formol, sem distinção de sexo, grupo étnico, antimeria ou atividade profissional ou diária. Esta etapa do trabalho foi realizada no Departamento de Anatomia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em Recife e teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFPE (Anexo A). As dissecações ocorreram no período de fevereiro à abril de 2006. Para tanto utilizamos materiais cirúrgicos convencionais como: tesoura, pinça, bisturi e luvas, e para as medidas usamos uma régua milimetrada de 30 cm.

Em seguida observamos no m. ancôneo os seguintes aspectos: um ápice, uma base, duas bordas – superior e látero-inferior, duas faces, a forma do músculo, o aspecto do tendão e a relação do ancôneo com os músculos vizinhos. Após identificarmos as partes do músculo estudamos a sua morfometria através das suas medidas obtidas da distância do olécrano ao início da inserção do ancôneo na ulna e o comprimento da ulna medido do olécrano ao processo estilóide. Todas as medidas foram tomadas com a

mesma régua e realizadas com o cotovelo em flexão próxima à 90° e em supinação, tanto quanto possível, face à rigidez cadavérica. Cada medida foi observada três vezes em dias distintos e os membros foram todos fotografados com máquina digital Sony 5.2, o que facilitou a determinação do design do m. ancôneo.

Para o cálculo da área de secção transversal fisiológica (ASTF em cm²) utilizamos a equação descrita nos trabalhos de Chleboun, G.S. et al. (1997) e Lieber, R. L.; Friden, J. (2001):

$$ASTF = \frac{m \times \cos \theta}{\rho \times cf}$$

Onde m é a massa (peso) em gramas, ρ é a densidade do tecido muscular, θ é o ângulo de penação em graus e cf é o comprimento da fibra muscular em centímetros.

Após seccionarmos as fixações dos mm. ancôneos de 3 membros que tinham sido previamente dissecados, realizamos a pesagem dos mesmos numa balança da marca Mettler Toledo, digital, modelo AL204, regulada para pesar no máximo 210g e no mínimo 0,01g para a obtenção de sua massa.

A densidade do m. ancôneo considerada para o cálculo da ASTF (1,112 g/cm³) baseou-se no trabalho de Ward, S.R.; Lieber, R.L. (2005) que mediram a densidade do tecido muscular humano fixado com formol por imersão.

O ângulo de penação do m. ancôneo de sete voluntários adultos (entre 20 e 35 anos) saudáveis de ambos os sexos, sem distinção de lateralidade foi mensurado em repouso e em contração isométrica com o cotovelo em 90°. A medida foi realizada com base nas imagens de um Ultrassom Logiq 500 Pro Series GE, frequência com transdutor linear de 11MHz. A escolha desse

método para medida do ângulo de penação baseou-se nos trabalhos de Lieber, R. L.; Friden, J. (2001), Karamanidis, K. et al. (2005), Morse, C.I. et al. (2005) e Finni, T. (2006).

Em seguida separamos as fibras musculares do m. ancôneo de 15 membros superiores dos cadáveres já dissecados em três porções de acordo com a sua orientação e medimos o comprimento de um conjunto de fibras de cada porção obtendo no final a média total desses comprimentos determinando o comprimento da fibra muscular do m. ancôneo.

Com três m. ancôneos das peças cadavéricas isolados, observamos a extensão de sua inserção na ulna e a sua relação com os músculos vizinhos.

Além disso, o comprimento da ulna em cm entre o ápice do olécrano até o epicôndilo medial foi medido nos vinte membros dissecados para estimar a área de inserção do ancôneo na ulna.

O índice de design, que é a relação existente entre o comprimento da fibra muscular (C_f) e o comprimento do músculo (C_m), foi calculado. Esta razão (C_f/C_m) é um parâmetro que descreve as características funcionais de um músculo (ABRAMS, G.D. et al., 2005; MORSE, C.I. et al., 2005).

No nosso estudo utilizamos o desvio padrão, intervalo de variação e média como tratamento estatístico (CALLEGARI-JACQUES, S., 2004).

A terminologia adotada por nós seguiu as determinações na nomenclatura anatômica (1984).

RESULTADOS

a) A forma do músculo:

Verificamos nos nossos resultados que o m. ancônio é um músculo penado que apresenta uma forma triangular, com fibras musculares dispostas ao longo do tendão (Figura 1). O anexo F traz as figuras das vinte dissecações realizadas.



Figura 1

Dissecação do m. ancônio ilustrando a sua forma triangular e a disposição das fibras musculares que partem do seu tendão.

b) As bordas do músculo:

O m. ancônio apresenta uma borda superior, uma borda látero-inferior e uma base (Figura 2). A borda superior do músculo parte de sua origem localizada posteriormente ao epicôndilo lateral do úmero e segue em direção ao olécrano da ulna, inserindo-se em média há $1\pm 0,4$ cm do ápice desta referência. Essa borda é ligeiramente oblíqua tendendo para a horizontal e medindo, em média $2,2\pm 0,3$ cm. O maior valor para a borda superior foi de 3,0 cm e o menor valor foi de 1,5 cm (Tabela 2).

A borda látero-inferior apresentou obliquidade acentuada e parte da origem comum posterior ao epicôndilo lateral do úmero se inserindo na ulna em média a $7,8\pm 1,1$ cm a partir da inserção da borda superior. Esta última medida

então é a média do comprimento da base do músculo. A borda látero-inferior mediu, em média $8,2 \pm 1,0$ cm. O maior valor para essa borda foi de 11,0 cm e o menor valor foi de 6,5 cm.

A base do m. ancônio é então a sua inserção que se estende na porção superior e posterior da ulna (borda posterior da ulna) ocupando cerca de 31,7% do comprimento do osso, tendo em vista que a média do comprimento da ulna nos vinte membros foi de $25,8 \pm 1,3$ cm, medida essa tomada entre o ápice do olécrano e o processo estilóide da ulna. No entanto, não houve correlação entre o comprimento do osso e a inserção da base do ancônio (Gráfico 1). Além de se inserir na borda, o ancônio também se insere em toda a face posterior da ulna, em parte da porção póstero-lateral da cápsula articular e no septo intermuscular que separa o m. ancônio do m. extensor ulnar do carpo. A face posterior da ulna mediu em média 1,2 cm de largura.

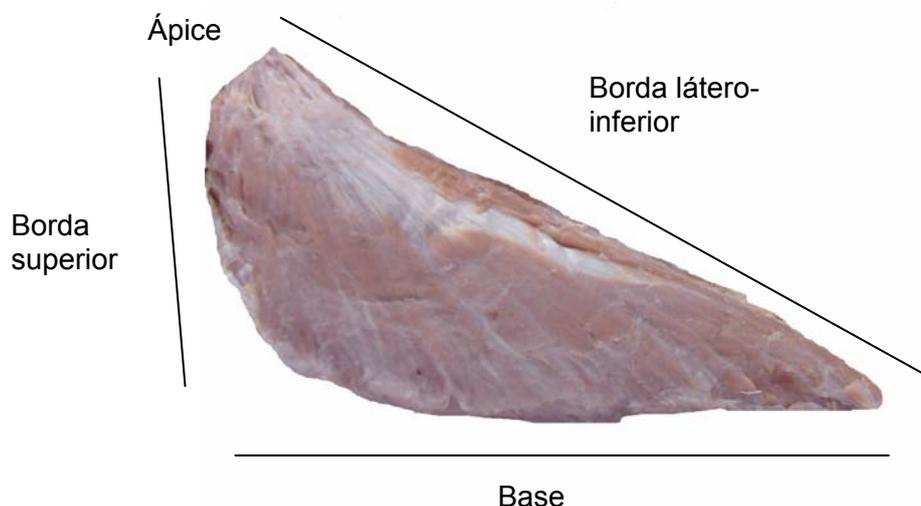


Figura 2
Ilustra o m. ancônio com as bordas, o ápice e a base.

O maior valor para a base foi de 10,5 cm e o menor valor foi de 6,5 cm.

Já o comprimento maior da ulna foi de 29,0 cm e o menor foi de 22,5 cm.

c) A forma do tendão:

O ancôneo apresenta um tendão de origem facilmente identificado que parte posteriormente ao epicôndilo lateral do úmero. Este local de origem foi considerado como o ápice. A forma deste tendão variou nos vinte membros observados.

Como podemos observar na Tabela 1, dos vinte membros dissecados, em quinze (75%) a forma da expansão tendinosa se apresentou cilíndrica, e apenas cinco (25%) a expansão tendinosa apareceu numa forma plana como um pequeno leque.

Tabela 1

Mostra a forma da expansão tendinosa nos vinte membros dissecados e identificados com a letra A.

MS	Forma da expansão tendinosa.	MS	Forma da expansão tendinosa.
A1	Cilíndrica	A11	Plana em leque
A2	Cilíndrica	A12	Cilíndrica
A3	Plana em leque	A13	Cilíndrica
A4	Cilíndrica	A14	Plana em leque
A5	Cilíndrica	A15	Cilíndrica
A6	Plana em leque	A16	Cilíndrica
A7	Cilíndrica	A17	Cilíndrica
A8	Cilíndrica	A18	Cilíndrica
A9	Cilíndrica	A19	Plano em leque
A10	Cilíndrica	A20	Cilíndrica

As figuras 3 e 4 mostram o aspecto ora cilíndrico ora plano da expansão tendinosa do m. ancôneo, assim como o seu trajeto ao longo da borda látero-inferior do músculo. O tendão do m. ancôneo deixa sua origem e parte ao longo da borda látero-inferior do músculo. As fibras musculares ligam-se ao tendão tanto na região posterior ao epicôndilo lateral do úmero quanto dessa expansão tendinosa.

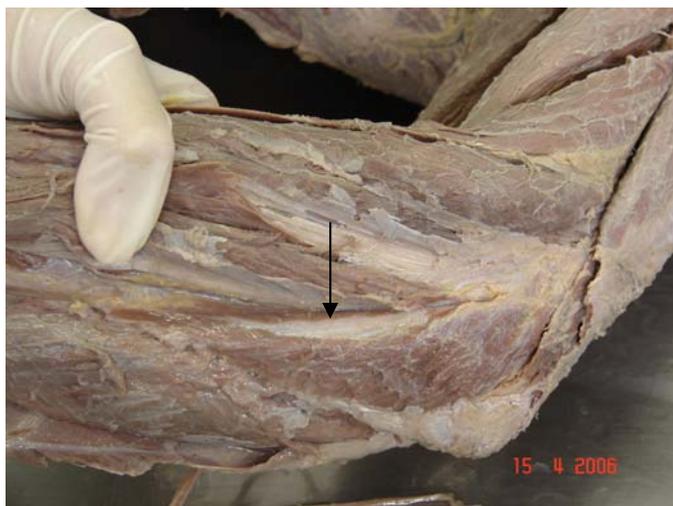


Figura 3
A seta aponta para a expansão tendinosa do m. ancôneo com aspecto cilíndrico. (A12).



Figura 4
A seta aponta para a expansão tendinosa do m. ancôneo com aspecto plano em leque. A estrela marca o local do tendão de origem comum dos músculos extensores da mão. (A 11).

Com isso identificamos fibras musculares com obliquidade crescente, ou seja, fibras menos oblíquas próximo ao epicôndilo e fibras com maior obliquidade à medida que vão se originando da expansão tendinosa. Descrevemos, então, as fibras proximais (a) como mais curtas e menos inclinadas, seguidas das fibras médias (b) que são mais longas e com maior inclinação, seguidas das fibras distais (c) que são mais curtas e menos inclinadas que suas antecessoras, seguidas das fibras terminais (d) do ancôneo que tem a mesma direção da borda látero-inferior, partindo da extremidade distal da expansão tendinosa. As fibras terminais medem em

média $2,7\pm 0,8$ cm, constituindo as fibras mais longas do m. ancônio. A expansão tendinosa desse músculo (Figura 3) apesar de estender ao longo da borda látero-inferior do músculo, não ocupa totalmente essa borda. Não houve correlação entre o comprimento da expansão tendinosa ao longo da borda látero-inferior (Gráfico 2). Na tabela 2, as médias das medidas das bordas látero-inferior e das expansões tendinosas são respectivamente $8,2\pm 1,0$ cm e $5,4\pm 0,8$ cm. Com isso verifica-se que a expansão tendinosa ocupa cerca de, em média, 65,8% dessa borda. O maior comprimento da expansão tendinosa foi de 7,5 cm e o menor foi de 4,0 cm.

d) As faces:

O m. ancônio apresenta duas faces: Uma anterior, voltada para a face posterior da ulna, onde se insere firmemente. E outra posterior, superficial, recoberta pela fáscia antebraquial.

e) Relação do m. ancônio com os músculos vizinhos:

Observamos que o m. ancônio apresenta uma relação de proximidade com o m. extensor ulnar do carpo, estando separado desse por um septo intermuscular. Também o m. flexor ulnar do carpo parece ser contínuo lateralmente com o m. ancônio, entretanto logo se nota a separação pela situação superficial do osso (ulna) neste ponto. Ambos os músculos estão recobertos pela fáscia antebraquial. A borda superior do m. ancônio relaciona-se com a cabeça medial do m. tríceps braquial, sendo às vezes, difícil estabelecer um limite preciso. A origem do m. ancônio, posterior ao epicôndilo lateral do úmero, se relaciona com o tendão de origem comum dos músculos extensores da mão (Figura 4).

Tabela 2

MS é membro superior; BS é borda superior; Borda LI é borda látero-inferior. Todas as medidas em cm. O I.V é o intervalo de variação, ou seja, a diferença entre o mais alto e o mais baixo valor observado. * indica os valores mais altos e ¨ indica os valores mais baixos.

MS	Ulna (cm)	Olécrano ao Ancôneo (cm)	Base (cm)	BS (cm)	Borda LI (cm)	Expansão Tendinosa (cm)
A1	26,0	1,5*	8,0	2,5	8,5	6,0
A2	25,0	1,5*	6,5	3,0*	7,5	5,0
A3	26,5	1,5*	7,5	2,0	8,5	6,0
A4	26,5	1,5*	7,0	2,0	8,0	4,5
A5	26,5	0,0	8,5	2,0	8,5	5,5
A6	24,0	1,0	6,5	2,0	6,5	5,0
A7	26,0	1,0	9,5	2,5	9,5	7,5*
A8	25,0	1,0	8,0	2,5	8,0	4,0
A9	25,3	1,0	7,5	2,5	7,5	5,3
A10	26,0	0,0	8,0	2,5	8,0	5,5
A11	22,5	1,0	6,5	2,0	7,0	4,0
A12	29,0*	0,0	10,0	2,0	9,0	5,0
A13	27,5	1,0	8,5	2,5	8,5	5,5
A14	25,0	1,0	8,0	2,0	8,5	5,5
A15	26,5	1,0	7,5	2,0	8,5	6,8
A16	25,5	1,0	6,5	2,0	7,5	4,5
A17	26,0	0,80	8,5	2,0	8,5	5,5
A18	26,0	0,50	6,5	2,0	6,5	5,0
A19	27,5	1,30	7,0	1,5	8,5	6,5
A20	25,5	0,80	10,5*	2,5	11,0*	6,3
X ± dp	25,8±1,3	1,0±0,4	7,8±1,1	2,2±0,3	8,2±1,0	5,4±0,8
I.V	29,0-22,5	1,5-0,0	10,5-6,5	3,0-1,5	11,0-6,5	7,5-4,0

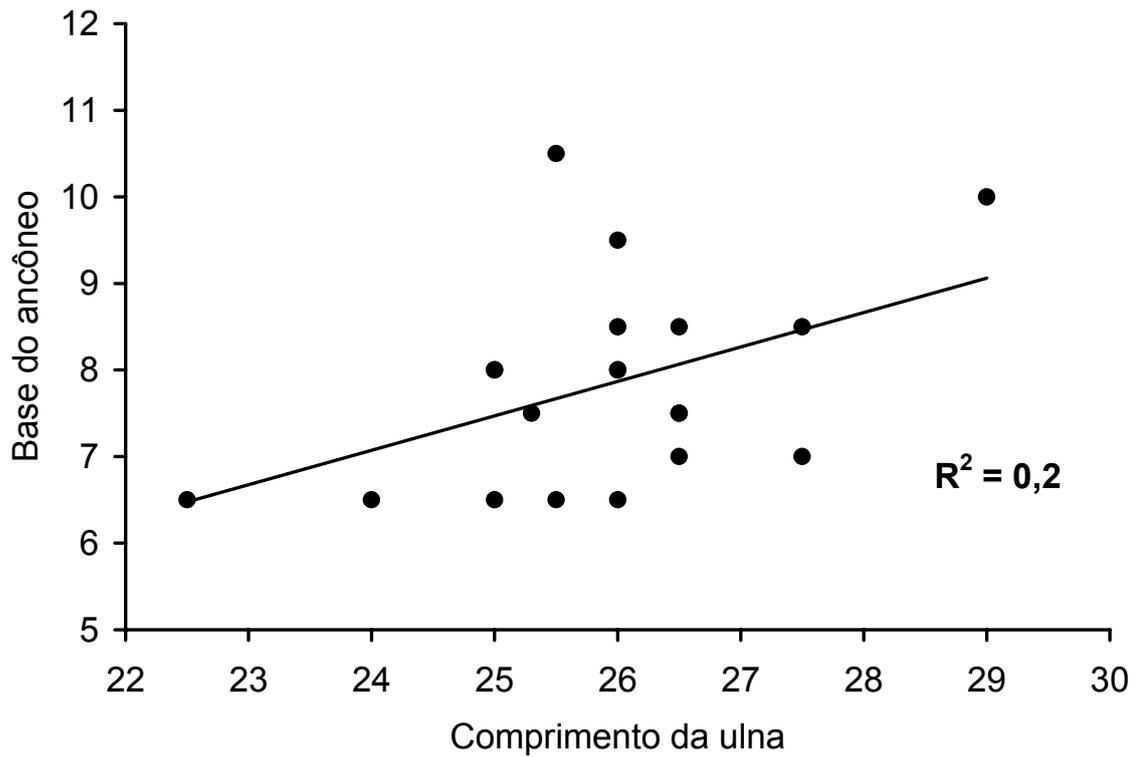


Gráfico 1
Correlação entre o comprimento da ulna e a inserção da base do ancôneo. Medidas em cm.

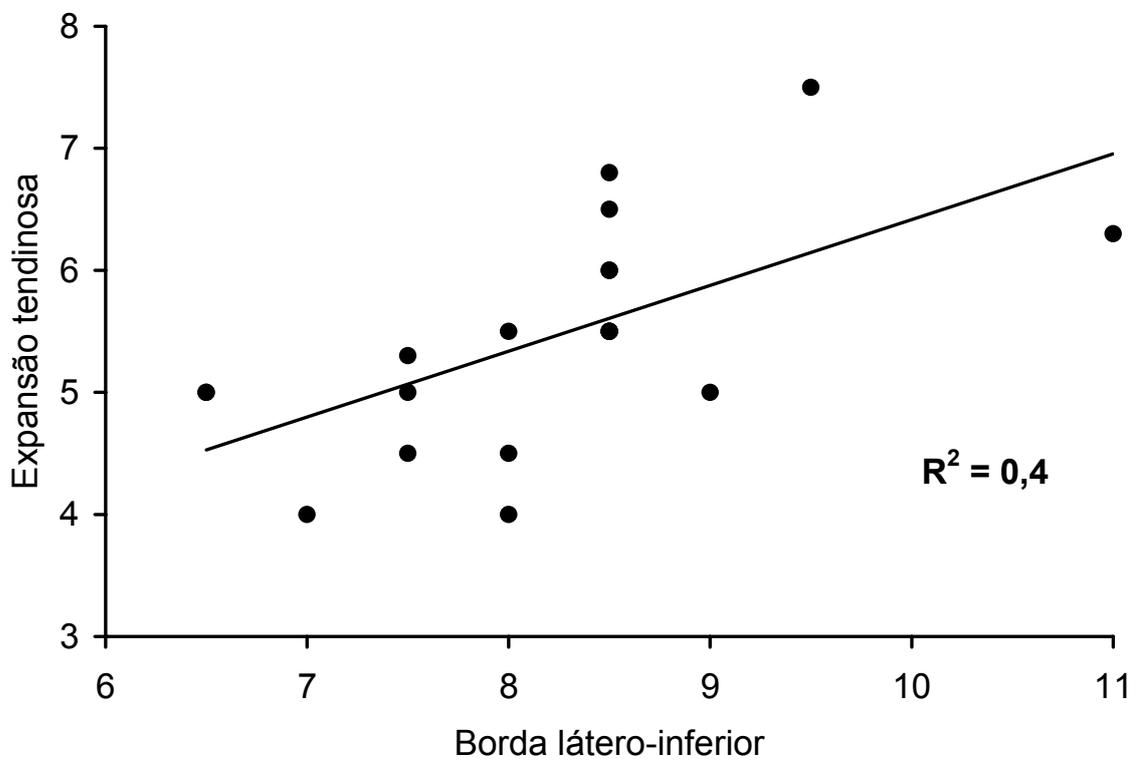


Gráfico 2
Correlação entre a expansão tendinosa na borda látero-inferior. Medidas em cm.

f) A Área de secção transversal fisiológica (ASTF).

- Comprimento da fibra muscular (Figura 3): Dividindo o músculo em porções, de acordo com a orientação das fibras musculares temos as fibras proximais que apresentaram um comprimento médio de $2,2\pm 0,3$ cm; as fibras médias com comprimento médio de $3,0\pm 0,4$ cm e as fibras distais com comprimento médio de $2,2\pm 0,4$ cm. O comprimento médio total das fibras do m.ancôneo encontrado nos 15 membros dissecados foi de $2,5\pm 0,3$ cm (o maior valor médio encontrado foi 3,2 cm e o menor foi de 1,8 cm). Observe a tabela abaixo.

Tabela 3

Média dos comprimentos das fibras musculares do m.ancôneo em cada porção e a média total. O I.V é o intervalo de variação, ou seja, a diferença entre o mais alto e o mais baixo valor observado. * indica os valores mais altos e ¢ indica os valores mais baixos.

Músculo	Fibras proximais	Fibras médias	Fibras distais	Fibras terminais	Média total
A1	2,0	2,7	2,0	2,5	2,3
A2	2,3	3,2	2,0	2,5	2,5
A3	2,5	3,2	2,0	2,5	2,5
A4	3,0*	2,7	2,0	3,5	2,8
A5	1,7	2,7	2,2	3,0	2,4
A6	2,2	3,0	2,5	1,5¢	2,3
A7	2,0	3,0	2,1	2,0	2,2
A8	2,3	3,0	2,0	4,0*	2,8
A9	2,5	2,7	2,0	2,2	2,3
A10	2,2	2,7	1,8	2,5	2,3
A11	2,5	3,3	2,5	3,0	2,8
A12	1,5¢	2,5	1,5	4,0*	2,3
A13	2,5	4,2*	2,7	3,0	3,1*
A14	2,5	3,7	3,5*	3,0	3,1*
A15	2,0	3,0	2,5	1,7	2,5
X ± dp	2,2±0,3	3,0±0,4	2,2±0,4	2,7±0,8	2,5±0,3
I.V	3,0-1,5	4,2-2,5	3,5-1,5	4,0-1,5	3,1-2,2

Nas fibras proximais o maior valor encontrado foi 3,0 cm e o menor foi de 1,5 cm. Nas fibras médias o maior valor encontrado foi 4,2 cm e o menor foi de 2,5 cm e nas fibras distais o maior valor encontrado foi 3,5 cm e o menor foi de 1,5 cm. Nas fibras terminais o maior valor encontrado foi 4,0 cm e o menor foi 1,5 cm.

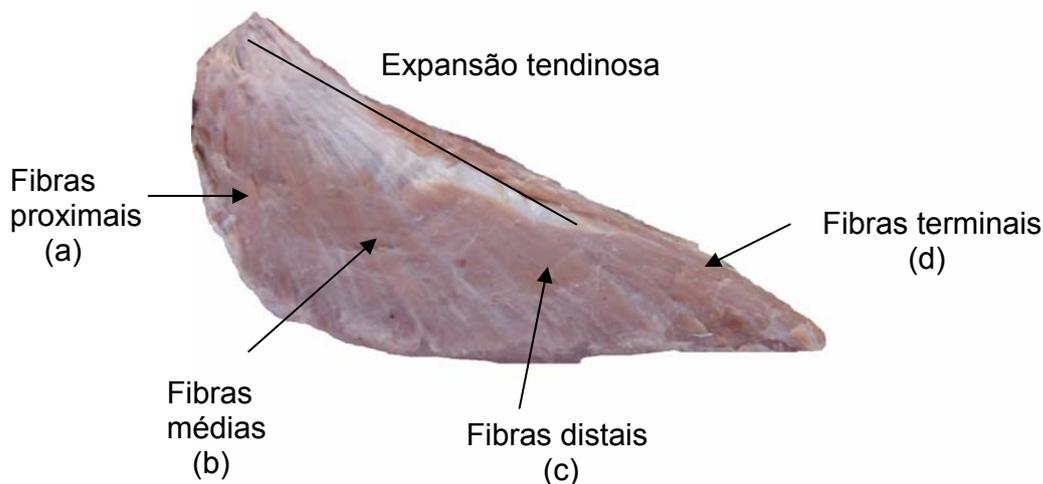


Figura 5

Ilustra o m.ancônio, a expansão tendinosa ao longo da borda látero-inferior e as fibras do músculo classificadas de acordo com a orientação.

- Peso do m. ancônio: 3 ancôneos foram isolados e pesados - 9,07g; 4,35g e 3,28g – a média dos pesos foi 5,56g.

- Ângulo de penação do ancônio (θ): Verificamos o ângulo de penação das fibras musculares do ancônio nos sete voluntários a partir das imagens do ultrassom. Para realizar esta medida toma-se como referência o eixo de geração de força, o tendão (Figura 6). A medida do ângulo de penação foi realizada com 90° de flexão em contração e em repouso e em quase extensão em contração e em repouso (Tabela 4).

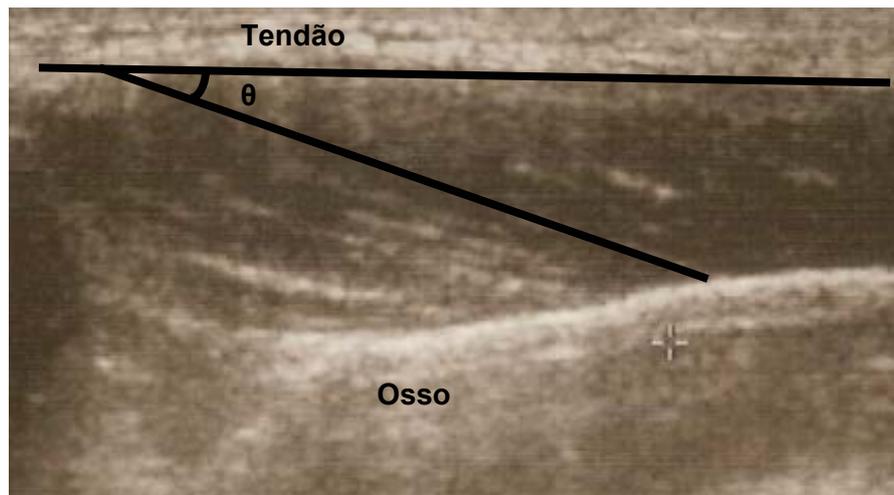


Figura 6
Medida do ângulo de penetração do ancônio em relação ao eixo de geração de força (tendão) de um voluntário representativo. Imagem do ultrassom.

Observamos que durante a contração muscular e a extensão do cotovelo o ângulo de penetração aumenta e as fibras tornam-se menos inclinadas.

Tabela 4
Ângulo de penetração de 7 voluntários. I.V é o intervalo de variação, ou seja, a diferença entre o mais alto e o mais baixo valor observado. * indica os valores mais altos e ■ indica os valores mais baixos

Voluntário	Flexão Repouso	Flexão Com contração	Extensão repouso	Extensão com contração
1	20 ^{o*}	22 ^{o*}	18 ^o	21 ^o
2	14 ^o	18 ^o	14 ^o	16 ^o
3	12 ^o	18 ^o	12 ^o	14 ^o
4	12 ^o	14 ^o	14 ^o	21 ^o
5	12 ^o	14 ^o	24 ^{o*}	28 ^{o*}
6	14 ^o	16 ^o	16 ^o	25 ^o
7	12 ^o	14 ^o	16 ^o	22 ^o
X ± dp	13,7 ^o ±2,9 ^o	16,5 ^o ±2,9 ^o	16,2 ^o ±3,8 ^o	21 ^o ±4,8 ^o
I.V	20 ^o -12 ^o	22 ^o -14 ^o	24 ^o -12 ^o	28 ^o -14 ^o

A partir desses dados a área de secção transversal fisiológica pode ser calculada: $ASTF = \frac{m \times \cos \theta}{\rho \times cf}$, ASTF em cm².

$$\text{Flexão em repouso: } ASTF = \frac{5,56 \times \cos 14}{1,112 \times 2,5} \quad ASTF = 1,93 \text{ cm}^2.$$

OBS: $\cos 14 = 0,9703$; m em gramas; cf em cm; ρ em g/cm³.

A tabela 5 reúne as propriedades arquiteturais do m. ancônio incluindo o índice de design ($Cf/Cm = 2,5/8,2 = 0,30$).

Tabela 5
Propriedades da arquitetura do m.ancônio. Os valores são as médias em cm.

	Massa(g)	Comprimento Músculo (cm)	Comprimento da fibra (cm)	Ângulo penação	ASTF cm ²	Cf/Cm
Amostra	3	20	15	7	-	-
m.ancônio	5,56±3,0	8,2±1,0	2,5±0,3	14°±2,9°	1,93	0,30

Obs:

Em virtude das dificuldades na aquisição de peças anatômicas disponíveis para o isolamento desses músculos, limitamos a amostra para o peso de três músculos, ficando assim, portanto, esse dado em caráter informativo.

DISCUSSÃO

Autores como Basmajian, J. V. et al. (1972), Gleason, T. et al. (1985) e Bozec, S.L.; Maton, B. (1982) se detiveram numa abordagem puramente funcional do m.ancôneo tendo em vista a controvérsia existente sobre a sua ação, sem mencionar nenhum achado anatômico. Contudo um estudo morfológico e morfométrico do m. ancôneo foi realizado por Hora, B. (1959), o que motivou as nossas observações obtidas nas vinte dissecações do músculo.

O m. ancôneo apresentou uma forma triangular confirmada pela literatura acadêmica (TESTUT, L.; LATARGET, A., 1975; WOODBURNE, R.T., 1978; GRAY, H., 1988; MOORE, K.L., 2001). Contudo compreender a relação entre o comprimento das fibras de um músculo e sua capacidade de excursão (Gráfico 3), e a relação entre a área de secção transversal fisiológica e a máxima força muscular é fundamental para estimar a característica funcional de um músculo (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001).

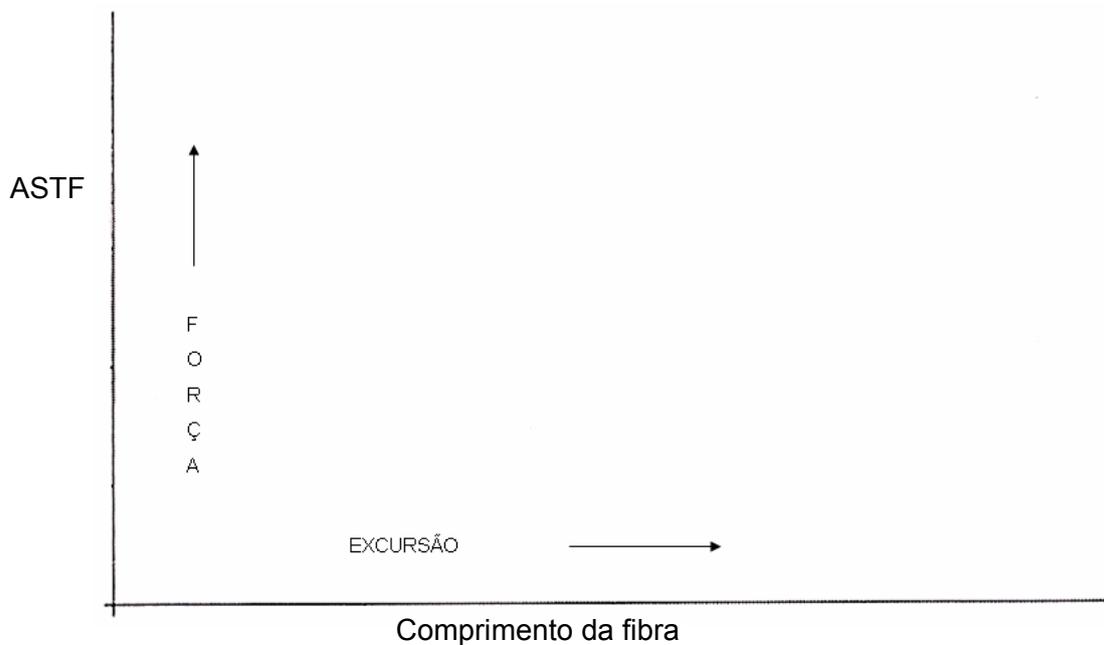


Gráfico 3
(Abrams, 2005): Comprimento da fibra muscular (cm) versus área de secção transversal fisiológica (ASTF em cm^2).

Em geral músculos com fibras musculares longas possuem ASTF pequena e vice versa. O comprimento da fibra muscular é proporcional à capacidade de excursão do músculo e a área de secção transversal fisiológica é proporcional ao máximo de força muscular (DELP, S.L. et al., 2000), como confirmado em nossos estudos.

Alguns autores descrevem que o ancôneo é um músculo pequeno, curto e plano (CUNNINGHAM, D. J., 1949; TESTUT, L.; LATARGET, A., 1975; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000), fato esse facilmente verificado pelas ilustrações trazidas por alguns atlas (NETTER, F.H., 2004; PROMETHEUS, 2006). Entretanto, na realidade, observando mais detalhadamente as imagens em peças humanas vistas em outros atlas, como o Sobotta (2000) e o Rohen, J.W. et al. (2002) é possível compreender melhor a disposição das fibras musculares do m. ancôneo assim como o aspecto do seu tendão de origem e verificar que as ilustrações trazidas na maioria dos livros divergem do aspecto real do músculo que apresenta um arranjo muscular penado observado em toda a nossa amostra e descrito por Hora, B. (1959).

Músculos como o grácil, o sartório e o semitendinoso apresentam fibras musculares longas e pequena área de secção transversal fisiológica o que permite grande excursão e baixa força (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001). Ao contrário, o m. ancôneo apresenta fibras musculares curtas adequadas à baixa excursão como afirmam Lieber, R.L.; Fridén, J. (2000 e 2001) e Delp, S.L. et al. (2000).

A arquitetura fusiforme é a forma mais simples de arquitetura muscular. As fibras musculares estão organizadas em paralelo e percorrem praticamente toda a extensão do músculo (SMITH, L. et al., 1987). O músculo possui formato

semelhante a um fuso, sendo mais largo no meio e afilando-se em ambas as extremidades, onde se fixam os tendões (LIPPERT, L.S. 2003). Em geral são músculos longos e delgados que não são adequados para produzir grandes forças. Contudo, encurtam-se através de uma distância grande e tem alta velocidade de encurtamento. Os músculos fusiformes são comuns nos membros (SMITH, L. et al., 1987; LIPPERT, L.S., 2003).

Toda a descrição morfológica com dedução da função citada no parágrafo anterior ratifica o pensamento de Lieber, R.L.; Fridén, J. (2001) que valorizam o estudo da arquitetura muscular como determinante da função. Nesse sentido torna-se compreensível que o m. ancônio seja considerado como extensor do cotovelo pela maioria dos autores (PLATZER, W., 1988; SETTINERI, L.I.C., 1988; GRAY, H., 1988; DUUS, P., 1989; SPENCER, A.P., 1991; SMITH, L. et al., 1997; PALASTANGA, N. et al., 2000; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001), que negligenciam o fato do m. ancônio apresentar um arranjo arquitetônico penado, como a maioria dos músculos do corpo humano, e que não é adequado para produzir movimentos amplos como deduzido pelo nosso estudo e por Kapandji, I.A. (2000).

Existem diversos tipos de arranjos arquitetônicos penados, alguns deles podem ser vistos na figura 7 (SMITH, L. et al., 1987; HAMILL, J., 1999; WATKINS, J., 2001). O m. ancônio assemelha-se ao arranjo f da figura 7. Nesse caso as fibras correm diagonalmente em relação a um tendão que o atravessa (HAMILL, J., 1999). Os músculos penados são geralmente curtos e grossos (Figura 8), como o m. ancônio que apresentou em nosso trabalho fibras musculares curtas (Tabela 6) e a ampla inserção na face posterior da ulna. Quando isolado observamos que o m. ancônio não apresenta aspecto

plano como descrito por Cunningham, D.J. (1949), Testut, L.; Latarget, A. (1975) e Dângelo, J. G.; Fattini, C.A. (2000), mas um aspecto “grosso” típico de seu arranjo arquitetônico como demonstra Smith, L. et al. (1987) na figura 7.

Músculos com essas características, nas quais se enquadra o m. ancôneo, têm capacidade de produzir forças maiores que músculos fusiformes de volume semelhante (SMITH, L. et al., 1987; HAMILL, J., 1999; WATKINS, J., 2001), porém encurtam-se através de uma distância relativamente curta e tem velocidade de encurtamento relativamente baixa (WATKINS, J., 2001). Pelo menos $\frac{3}{4}$ dos músculos do corpo humano estão situados de tal modo que devem exercer mais força do que um músculo fusiforme poderia proporcionar, por isto, os existem mais músculos penados que músculos fusiformes (SMITH, L. et al., 1987).

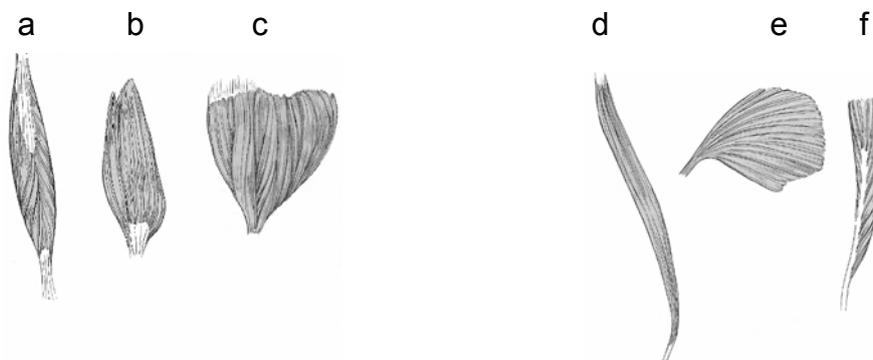


Figura 7
(Modificado de Smith, 1991): Arranjos dos fascículos musculares: a- bipenado – reto femoral; b- fusiforme – braquial; c- multipenado – deltóide; d- longitudinal – sartório; e- radiado – peitoral maior f- unipenado – tibial posterior.

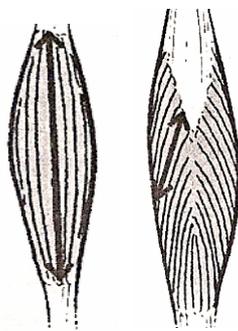


Figura 8
(Hamill, 1999): Comprimento das fibras musculares: à direita, um músculo fusiforme; à esquerda, um músculo penado.

Como observado na figura acima, num músculo fusiforme o comprimento da fibra muscular (C_f) é o mesmo comprimento do próprio músculo (C_m). Já num músculo penado o comprimento da fibra é menor que o comprimento do músculo. A razão entre C_f/C_m é um índice de design, ou seja, quando $C_f/C_m = 1$, indica design de excursão; quando $C_f/C_m < 1$, indica design de força.

Na tabela 5 dos nossos resultados podemos comprovar que o índice de design do m. ancônio indica sua característica de um músculo de força, pois a sua relação C_f/C_m foi de 0,30 ou seja, menor que 1. Outros músculos como o m. sóleo, tem grande área de secção transversal fisiológica e fibras curtas indicando alta capacidade de geração de força e baixa excursão. Isto se deve ao fato de que a penação permite ter um grande número de fibras numa determinada área de secção transversal fisiológica e conseqüentemente mais capacidade de produzir força (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001).

De acordo com os nossos dados, que são similares aos achados de Hora, B. (1959), o m. ancônio apresentou fibras musculares curtas (Tabela 6) em comparação com o comprimento do músculo, cerca de 3,5 vezes maior (Tabela 5).

Essa relação entre o comprimento da fibra muscular e o comprimento do próprio músculo também é um indicativo da característica funcional do m. ancônio, como já mencionado.

Tabela 6
Comprimento das fibras do ancôneo e área de secção transversal fisiológica.

	Hora (1959)	Nossos dados
Comprimento médio das fibras do ancôneo (cm)	2,0	2,5
Área de secção transversal fisiológica (cm ²)	2,2	1,93

Já Neumann, D.A. (2006) apresenta uma ASTF para o ancôneo de 2,5 cm², contudo o autor não apresentou como obteve este valor.

A ASTF pode ser medida diretamente nas fibras musculares dissecadas (HORA, B.,1959) que separou o ancôneo em 3 partes de acordo com a diferença de orientação das fibras musculares, ajustando essas fibras através de ligeira compressão e medindo diretamente a ASTF. Mas comumente a ASTF é estimada matematicamente (CHLEBOUN, G.S. et al., 1997; LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001). Optamos, então, por utilizar o instrumento matemático para estimar a ASTF do m. ancôneo em nosso estudo. Para isto realizamos as seguintes deduções:

Por definição, o volume (V) de um músculo fusiforme é igual à ASTF multiplicada pelo comprimento das fibras musculares (Cf).

$$V = ASTF \times Cf$$

Logo, a ASTF em um músculo fusiforme é igual ao seu volume dividido pelo comprimento das fibras musculares:

$$ASTF = \frac{V}{Cf}$$

Em um músculo penado:

$$ASTF = \frac{V \times \cos \theta}{Cf} \quad (1)$$

Onde θ é o ângulo de penação.

O volume de um músculo pode ser obtido diretamente através de ressonância magnética nuclear (MORSE, C.I. et al., 2005). No entanto, a massa de um músculo é mais fácil de ser obtida do que o seu volume. O volume do músculo pode ser estimado dividindo a massa (m) pela densidade (ρ) do músculo:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

Combinando (1) com (2):

$$ASTF = \frac{m \times \cos \theta}{\rho \times Cf} \quad (3)$$

Onde $ASTF$ é a área de secção transversal fisiológica em cm^2 , m é a massa muscular (peso) em gramas, θ é o ângulo de penação, ρ é a densidade do tecido muscular e Cf é o comprimento das fibras musculares em cm. A massa pode ser obtida simplesmente pesando o músculo dissecado. A densidade muscular do tecido humano fixado com formol através de imersão é de $1,112 \text{ g/cm}^3$ (WARD, S.R.; LIEBER, R.L., 2005). Alguns trabalhos (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2000 e DELP, S.L. et al., 2001) utilizaram uma constante para a densidade do tecido dos mamíferos de $1,0597 \text{ g/cm}^3$, contudo, utilizar esse valor superestima a ASTF em 5%. Devido a isso optamos por usar o valor proposto por Ward, S.R.; Lieber, R.L. (2005).

O ângulo de penação pode ser estimado diretamente no músculo dissecado (FRIDÉN, J. et al., 2001) medindo-se o ângulo formado pelos feixes musculares superficiais com o tendão do músculo. Essa medida é uma

aproximação, pois o ângulo de penação pode variar nas fibras profundas (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001; FINNI, T., 2006). O ângulo de penação também pode ser estimado utilizando-se fotografias (LEDOUX, W.R. et al., 2001) ou imagens de ultra-som de alta resolução, como foi feito e ilustrado na figura 6 de acordo com os trabalhos de Lieber, R. L.; Fridén, J. (2001), Karamanidis, K. et al. (2005), Morse, C.I. et al. (2005) e Finni, T. (2006). O ângulo de penação (Tabela 4) varia de uma região para outra do músculo e com o estado de contração ou alongamento do músculo (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001). No nosso estudo comprovamos essa variação do ângulo de penação do m. ancôneo. Como pode ser visto na tabela 4 dos nossos resultados o ângulo de penação aumenta com a contração muscular como afirma Lieber, R. L.; Fridén, J. (2000 e 2001) e Ledoux, W.R. et al. (2001). Essa variação foi facilmente observada, inclusive, durante a realização do ultrassom.

O m. ancôneo é penado e suas fibras apresentam um ângulo de penação médio no repouso em relação ao eixo de geração de força de 14° . Devido à penação somente uma porção da força muscular é transmitida ao tendão. Ao contrário do que ocorre com músculos fusiformes, cujas fibras têm orientação paralela e toda a força produzida é transferida para o tendão (LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J., 2001; LEDOUX, W.R et al., 2001). Sendo assim, para o m. ancôneo $\cos. 14 = 0,97$, portanto ele transmitirá 97% de sua força para o tendão. Embora haja uma pequena perda na transmissão da força para o tendão, esta é compensada pela maior área de secção transversal fisiológica em função da penação como afirma Lieber, R.L.; Fridén, J. (2001) e conseqüente ganho de força (Gráfico 3).

Em um músculo penado ocorre uma mudança na distribuição da força ao longo do tendão ou aponeurose. A aponeurose profunda do músculo gastrocnêmio medial, por exemplo, é mais alongada que a aponeurose superficial durante a contração muscular, resultando numa não uniformidade na distribuição da força.

A complexidade do arranjo das fibras musculares requer que o tendão também tenha uma estrutura complexa (FINNI, T., 2006). No m. ancônio a expansão tendinosa apresentou forma variada, desde cilíndrica (75%) a plana, como um leque (25%) (tabela 1). Essa expansão tendinosa corre ao longo da borda látero-inferior do músculo ocupando cerca de 65,8% dessa borda (tabela 2), que receberá a força da contração muscular de forma não uniforme de acordo com a disposição das fibras musculares ao longo do tendão e de acordo com o ângulo de penação em cada porção do músculo.

No membro superior o m. pronador quadrado (Gráfico 4) apresenta comprimento das fibras musculares e área de secção transversal fisiológica semelhante aos nossos achados em relação ao ancônio e aos dados de Hora, B. (1959). Resguardando as devidas diferenças de localização e tamanho o m. ancônio, a nosso ver, apresenta algumas características semelhantes com o músculo poplíteo, um músculo descrito como triangular, delgado e plano do membro inferior (GRAY, H., 1988), que tem sua origem próxima da articulação do joelho, no côndilo lateral do fêmur e sua inserção proximalmente na face posterior da tíbia (PROMETHEUS, 2006), apresenta área de secção transversal fisiológica em torno de 5,5 cm² e fibras musculares curtas que medem um pouco menos de 3 cm (LIEBER, R.L.; FRIDÉN, J. 2000). O m. poplíteo também tem inserção na cápsula articular como o m. ancônio e é

considerado como um estabilizador do joelho (MOORE, K.L., 2001; PROMETHEUS, 2006).

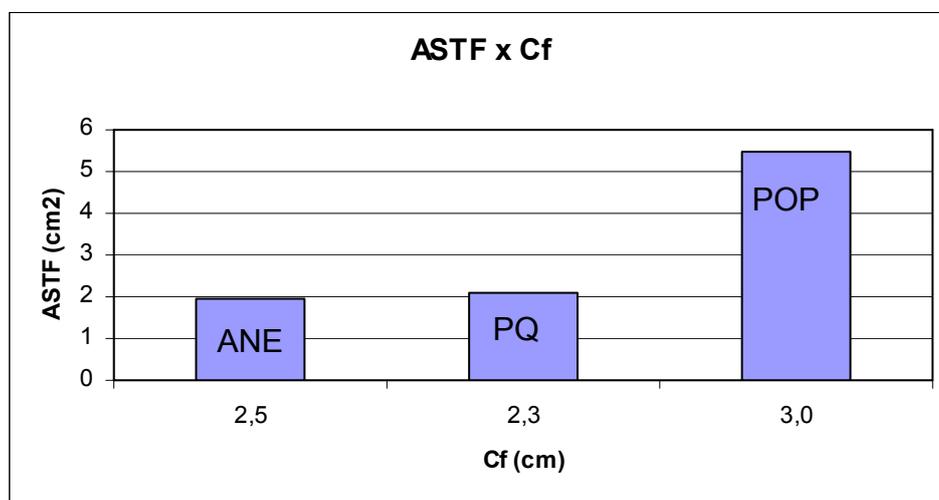


Gráfico 4
(Lieber, 2000): Comparação entre as áreas de secção transversal fisiológicas (cm²) dos músculos: ANE, ancôneo neste estudo; PQ, pronador quadrado e POP, poplíteo respectivamente

A força máxima capaz de ser gerada por um músculo é proporcional à área de secção transversal fisiológica (ASTF) que é a soma da ASTF de todas as fibras musculares que o compõem (HAMILL, J., 1999; MURRAY, W.N. et al., 2000; LIEBER, R.L.; FRIDÉN, J., 2001). Em um músculo fusiforme a ASTF é equivalente a área de secção transversal anatômica (ASTA), que é a área de secção transversal (AST) medida perpendicularmente ao eixo longitudinal do músculo, enquanto em um músculo penado a ASTF é maior do que a ASTA como ilustra a figura 7 (HAMILL, J., 1999).

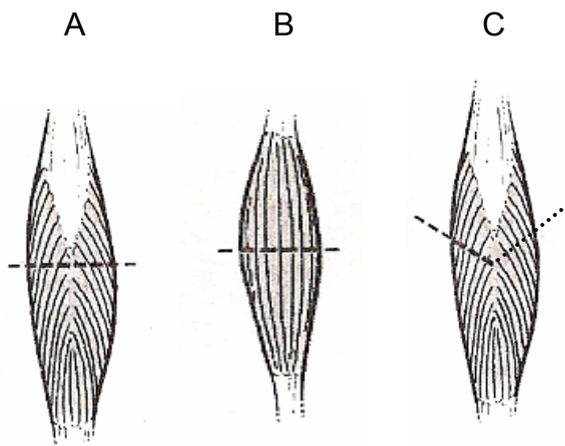


Figura 9

(Modificada de Hamill, 1999): ASTF e ASTA: nas imagens A e B as secções transversais anatômicas das fibras penadas e fusiformes respectivamente; na imagem C a secção transversal fisiológica da fibra penada.

Em nosso estudo, foi importante diferenciar ASTA da ASTF, tendo em vista o nosso objetivo de relacionar o comprimento das fibras musculares do m. ancônio com a capacidade de excursão e ASTF que se relaciona com a força como mostrou o gráfico 3.

A área de secção transversal fisiológica em relação ao comprimento da fibra muscular de vários músculos do membro superior e por este estudo, está ilustrada no gráfico 5. Essa relação entre o comprimento da fibra muscular, a área de secção transversal fisiológica e a capacidade do músculo para excursão ou força (ABRAMS, G.D. et al., 2005) é uma característica importante da arquitetura muscular e seu estudo é fundamental nos casos em que é necessário realizar transferências de tendões de músculos. Podemos observar no gráfico abaixo que o m. ancônio apresenta as fibras musculares mais curtas em relação aos demais músculos do membro superior, estando mais próximo do m. pronador quadrado.

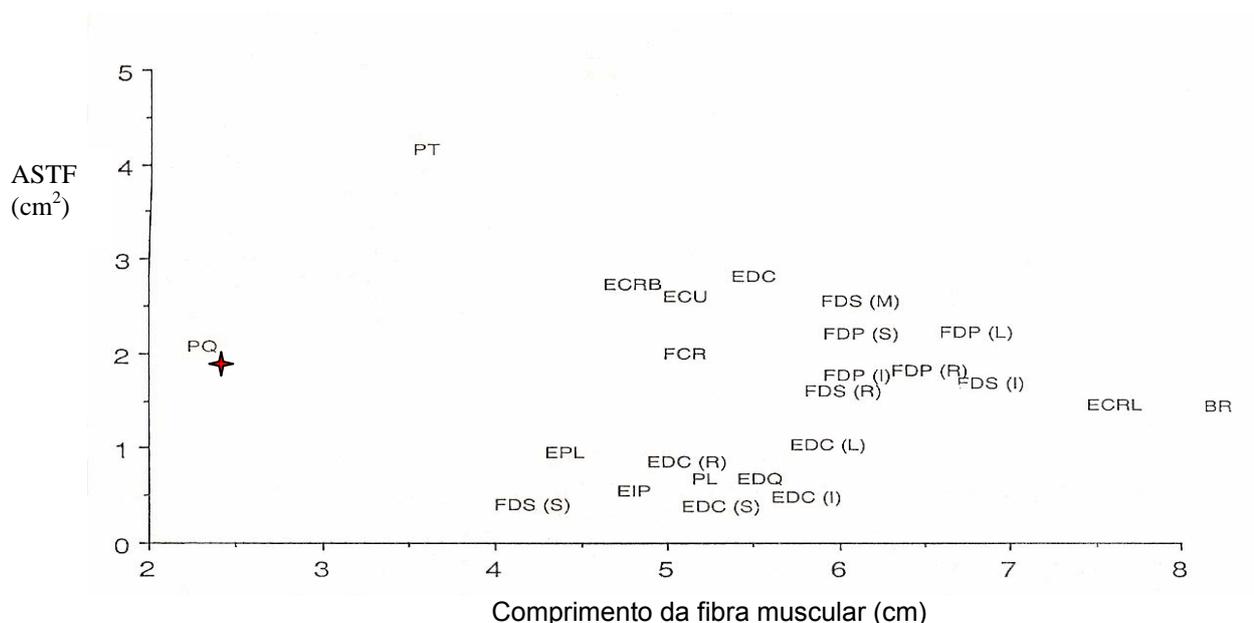


Gráfico 5

(Modificado de Lieber, 2001): Este gráfico pode ser usado para comparar a força relativa e a capacidade de excursão dos músculos. A estrela = ancôneo deste estudo; BR=m.braquiorradial; ECRB=m.extensor radial curto do carpo; ECRL=m.extensor radial longo do carpo; ECU=m.extensor ulnar do carpo; EDCI, EDCR e EDCS=m.extensor comum dos dedos para o indicador, anular e dedo mínimo respectivamente; EDQ=m.extensor do quinto dedo; EIP=m.extensor próprio do indicador; EPL=m.extensor longo do polegar; FCR=m.flexor radial do carpo; FDPI, FDPR e FDPS=mm. flexores profundo dos dedos; FDSI, FDSM e FDSR=mm.flexores superficiais dos dedos; PQ=m.pronador quadrado; PL=m.palmar longo; PT=m.pronador redondo.

A disposição das fibras musculares do m. ancôneo em relação ao seu tendão é crescente, ou seja, as fibras surgem ao longo da expansão tendinosa que segue pela borda látero-inferior do músculo, contudo aparentemente o tamanho dessas fibras também parece progressivo. Mas os nossos dados conferem com os achados de Hora, B. (1959). As fibras proximais têm tamanho próximo às fibras distais e as fibras médias apresentam o maior tamanho (Tabela 7).

Tabela 7

Comparação entre os dados do autor (dez peças humanas) e os dados deste estudo (quinze peças humanas). Medidas em cm.

	Nosso estudo: n=15	Hora, B. (1959): n=10
Fibras proximais	2,2	1,91
Fibras médias	3,0	2,29
Fibras distais	2,2	1,89
Fibras terminais	2,7	Não descritas
Média	2,5	2,0

No nosso estudo identificamos a presença de fibras terminais (Figura 3), não descritas em nenhuma literatura consultada por nós, que apresentam a mesma direção que a expansão tendinosa. As fibras terminais originam-se da extremidade da expansão tendinosa e seguem para a ulna, onde se inserem. Essas fibras medem, em média, $2,7 \pm 0,8$ cm.

A inclusão desse valor, talvez não considerado por Hora, B. (1959) e por Neumann, D.A. (2006), incrementa o comprimento médio das fibras do m. ancônio para 2,5 cm e conseqüentemente interfere na estimativa da ASTF, já que o comprimento da fibra muscular é inversamente proporcional à ASTF.

A ASTF foi descrita por Hora, B. (1959) num valor de $2,2 \text{ cm}^2$, por Neumann, D.A. (2006) num valor de $2,5 \text{ cm}^2$ e por nós o valor foi de $1,93 \text{ cm}^2$.

Apesar de ser descrito como um músculo plano (TESTUT, L.; LATARGET, A., 1975), o m.ancônio não se insere unicamente na borda posterior da ulna. A sua inserção se estende em toda a face posterior desse osso que mede em média 1,2 cm de largura. Apesar de suas fibras musculares serem curtas em relação a outros músculos a disposição dessas fibras ao longo da expansão tendinosa fazem com que o ancônio ocupe cerca de 30%

da ulna. A área de ocupação no osso pode ser calculada tendo em vista que $A=C \times L$ (área=comprimento x largura), o comprimento nesse caso é a base do músculo que mediu em média 7,8cm, então $A = 7,8 \times 1,2 = 9,36\text{cm}^2$.

CAPÍTULO 2

ESTUDO CINESIOLÓGICO

INTRODUÇÃO

A função do m. ancônio continua a ser discutida pelos anatomistas, fisiologistas e cirurgiões ortopédicos. A ação do m. ancônio como extensor do cotovelo é mais frequentemente mencionada na literatura (GRAY, H., 1988; DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001; PROMETHEUS, 2006), contudo outras ações como a estabilização do cotovelo ou a abdução da ulna durante a pronação do antebraço são também consideradas (DUCHENNE, G.B.A., 1949; PALASTANGA, N. et al., 2000).

Os únicos músculos que atuam na extensão do cotovelo são o ancônio e o tríceps braquial (RASCH, 1991), contudo o tríceps é o principal extensor, pois a contribuição efetiva do ancônio não é significativa porque o seu momento de ação é pequeno (KAPANDJI, 2000).

Para a análise do movimento, forças podem ser representadas por vetores. A representação das forças musculares por vetores é particularmente útil na análise das ações dos músculos (WATKINS, J., 2001). Além disso, o estudo das alavancas contribui para a compreensão dos movimentos que os músculos realizam nos segmentos corporais (HAMILL, J. 1999).

O objetivo desse trabalho foi estudar a ação do músculo ancônio na articulação do cotovelo através da análise vetorial e do estudo das alavancas e compará-lo com o músculo tríceps braquial, possibilitando assim, uma compreensão da ação desses músculos para o movimento de extensão desta articulação.

MATERIAL E MÉTODO

Para realizar a avaliação cinesiológica do ancôneo tomamos como parâmetro os trabalhos de Kapandji, I.A. (2000) na sua análise vetorial do músculo tríceps braquial e utilizamos o método do paralelogramo (RASCH, P.J., 1991; LIPPERT, L.S., 2003) no nosso estudo funcional do ancôneo. Com isso elaboramos um modelo cinesiológico (Figuras 1,2 e 3) para o m. ancôneo semelhante ao modelo usado por Kapandji, I.A. (2000) em sua análise do m. tríceps braquial.

Com isso foi possível traçar as linhas e decompor os vetores que atuam no ancôneo em três posições: flexão de 90° , flexão de 30° e flexão total. Pontuamos na imagem, em ambas as posições referidas, o local de origem do ancôneo e o local do eixo de giro (fulcro). Como o local de inserção do ancôneo é distribuído ao longo do segmento proximal da ulna, consideramos como centro de gravidade o ponto central deste segmento. O vetor que representa o músculo ancôneo tem sua origem neste ponto e orienta-se em direção ao ponto de origem do músculo (Figura 1).

Tomando como referência esse ponto no centro da base do músculo traçamos duas linhas perpendiculares, sendo que uma dessas linhas passa pelo fulcro. O vetor de força do músculo ancôneo (V_m) é então projetado nestas coordenadas obtendo-se 2 componentes ortogonais, V_e e V_c . V_e representa o vetor efetivo de giro (vetor de excursão) e V_c representa o vetor de coaptação (estabilizador). Para uma análise diferencial da ação das fibras ao longo do corpo do ancôneo, este procedimento foi repetido para as fibras proximais e distais. As figuras que seguem ilustram o modelo cinesiológico elaborado em nosso trabalho.

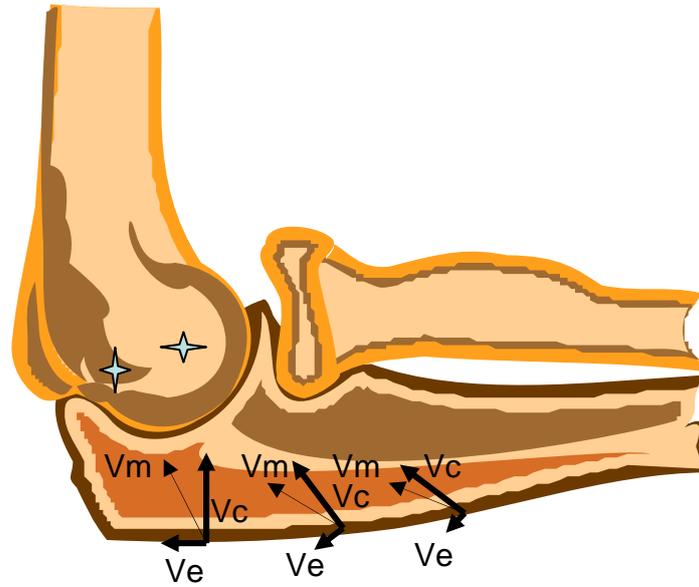


Figura 1

Cotovelo em flexão de 90°. A estrela anterior representa o fulcro. A estrela posterior representa a origem do anconeal. O Vm (vetor de força do músculo) orienta-se em direção à origem do músculo.

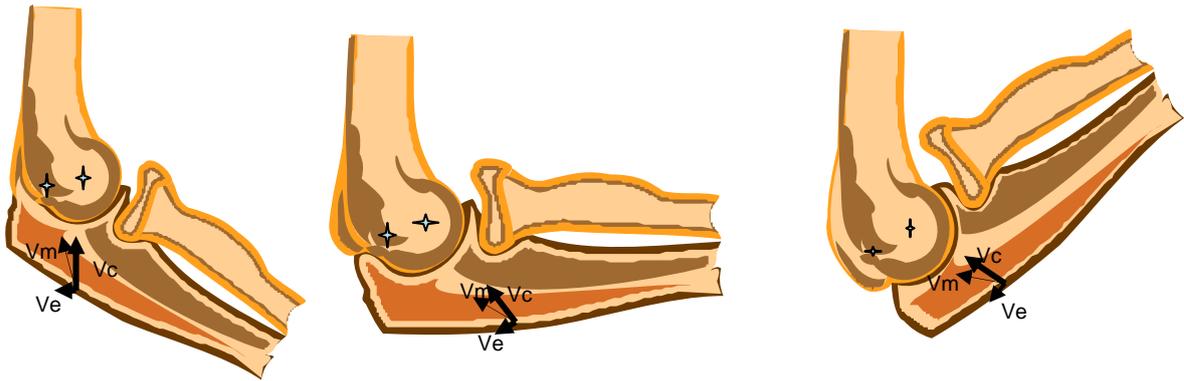


Figura 2

Cotovelo em flexão crescente: 30°, 90° e flexão total, respectivamente.

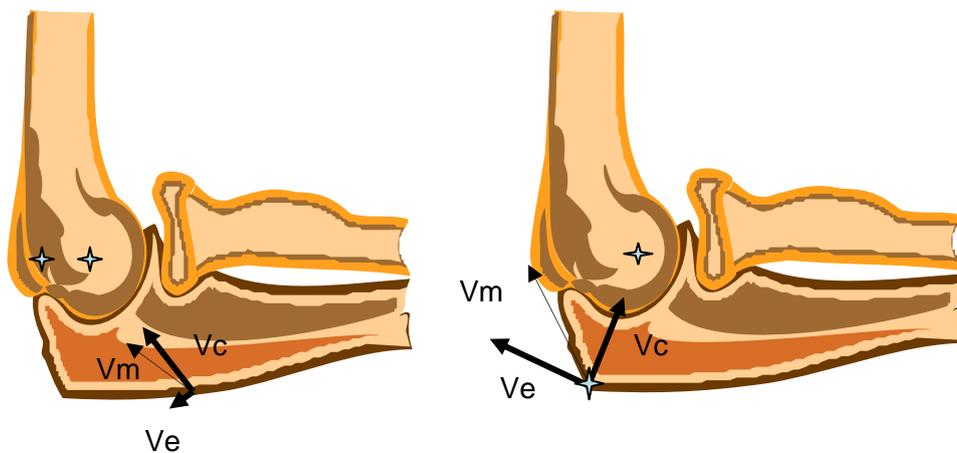


Figura 3

Cotovelo em flexão de 90°, comparando os vetores: m. anconeal e m. tríceps braquial respectivamente.

RESULTADOS

Consideramos os resultados da decomposição dos vetores em 3 posições: com o cotovelo em flexão próxima de 30°, em flexão de 90° e em flexão total.

Na figura 1 os componentes ortogonais foram projetados nas 3 porções do ancônio (proximal, média e distal) e apresentaram-se da seguinte forma:

- O V_e das fibras proximais > V_e das fibras médias > V_e das fibras distais. O V_c sempre muito maior que o V_e em todas as porções.

Na figura 2 os componentes ortogonais das fibras médias foram projetados em 3 ângulos distintos (flexão 30°, flexão 90° e flexão total) e apresentaram-se da seguinte forma:

- O V_e diminuiu com o aumento da flexão, ou seja, $V_e 30^\circ > V_e 90^\circ > V_e$ flexão total. O V_c sempre muito maior que o V_e em todos os ângulos.

Na figura 3 comparamos a projeção dos componentes ortogonais V_e e V_c do m. ancônio e do m. tríceps braquial numa flexão de 90°. O V_m e o V_e do tríceps são muito maiores do que no ancônio. O V_c do m. tríceps braquial praticamente igual ao V_e .

De acordo com o direcionamento do vetor de força (V_m) observado nas figuras anteriores afirmamos que as fibras proximais do m. ancônio agem como numa alavanca de 1ª classe, já as fibras médias e distais agem como numa alavanca de 3ª classe.

DISCUSSÃO

O vetor de força gerado por uma cadeia de fibras musculares penadas tem um componente orientado ao longo do tendão (componente eficaz) e outro componente perpendicular a este que não contribui para a força do músculo (KAPANDJI, I.A., 2000). O componente eficaz descrito por este autor está designado nas figuras 1, 2 e 3 como V_e e o componente descrito acima que não contribui para a força do músculo está representado nas nossas figuras como V_c .

Em contrapartida, um músculo penado possui mais fibras em paralelo entre a origem e a inserção que um músculo fusiforme de igual volume. A força máxima capaz de ser gerada por um músculo é proporcional ao número de fibras musculares em paralelo entre a origem e a inserção (DELP, S.L. et al., 2001; MORSE, C.I. et al., 2005), portanto, apesar da perda de parte da força gerada pelas fibras musculares da cadeia penada, um músculo penado gera mais força por volume que um músculo fusiforme (LIEBER, R.L.; FRIDEN, J., 2000 e 2001).

Como discutimos no capítulo 1 o m. ancônio transmitirá 97% de sua força para o tendão, em função do coseno do seu ângulo de penação (média de $14^{\circ} \pm 2,9^{\circ}$), entretanto o seu arranjo penado e suas fibras musculares de comprimento curto garantem a característica de um músculo adequado à geração de força como descrevem Hamill, J. (1999), Watkins, J. (2001) e Lippert, L.S. (2003) ratificando que um músculo penado produz movimentos de menor amplitude e mais lentos que um músculo fusiforme de igual volume enquanto um músculo fusiforme produz movimentos mais amplos e mais rápidos que um músculo penado de igual volume.

Como em nosso modelo cinesiológico comparamos os vetores do m. ancônio e do m tríceps braquial ilustrado nas figuras 1, 2 e 3, entendemos que seria importante, para a dedução da função, determinar as alavancas desses músculos.

O antebraço é uma alavanca. Uma alavanca é uma barra rígida que gira em torno de um ponto fixo denominado eixo, pivô ou fulcro. O comprimento da alavanca entre o fulcro e o peso ou resistência denomina-se braço de resistência enquanto o comprimento entre o fulcro e a força aplicada é denominado braço de força. No antebraço o fulcro é a articulação do cotovelo, em torno da qual o movimento se dá, a força é dada pelos músculos que cruzam a articulação do cotovelo e a resistência é o peso do antebraço acrescentado do peso adicional que porventura esteja em contato ele (RASCH, P.J., 1991).

Uma alavanca pode ser avaliada quanto à sua efetividade mecânica computando a sua vantagem mecânica (HAMILL, J., 1999). A vantagem mecânica (VM) de uma alavanca é a razão entre o comprimento do braço de força (BF) e o comprimento do braço de resistência (BR) (SMITH, L. et al., 1987; HAMILL, J., 1999; WATKINS, J., 2001; LIPPERT, L.S. 2003).

$$VM = \frac{BF}{BR}$$

As alavancas são divididas em 3 classes de acordo com as posições relativas da força, do eixo e da resistência (SMITH, L. et al., 1987; JACOB, S.W. et al., 1990; RASCH, P.J. 1991; HAMILL, J., 1999; WATKINS, J., 2001; LIPPERT, L.S. 2003; NEUMANN, D.A., 2006): As alavancas de 1ª classe, como as gangorras, têm o fulcro situado entre a força e resistência. Um exemplo típico é o tríceps braquial. A partir da nossa análise em nosso modelo

cinesiológico as fibras proximais do m. ancônio agem como numa alavanca de 1ª classe. As alavancas de 2ª classe, como o carrinho de mão, onde grandes pesos podem ser suportados ou movidos por uma pequena força. Nesse tipo de alavanca a resistência está entre o fulcro e a força. Há poucos exemplos no corpo deste tipo de alavanca, como os músculos flexores plantares quando uma pessoa fica nas pontas dos pés (LIPPERT, L.S., 2003). Já as alavancas de 3ª classe são as mais comuns no corpo. Nessas a força é aplicada entre o fulcro e a resistência. De acordo com as nossas observações as fibras médias e distais o m. ancônio agem como numa alavanca de 3ª classe. Esta disposição é adequada para proporcionar velocidade no segmento distal e para mover um peso pequeno a longa distância. Este tipo de alavanca é encontrado na maioria dos movimentos das extremidades. Um exemplo é a ação do músculo bíceps braquial durante a flexão do cotovelo (LIPPERT, L.S., 2003).

Não é do nosso conhecimento estudos publicados a respeito de que classe de alavanca o ancônio pertença.

A força é uma variável vetorial (KAPANDJI, I.A., 2000), isto é, tem magnitude e direção (RASCH, P.J., 1991). Variáveis escalares, por outro lado, expressam apenas magnitude (LIPPERT, L.S., 2003). Além da força são exemplos de variáveis vetoriais a velocidade, a aceleração e o momento. Variáveis vetoriais devem ser somadas vetorialmente, diferentemente das variáveis escalares que se somam aritmeticamente (RASCH, P.J., 1991; LIPPERT, L.S., 2003). Uma variável vetorial pode ser expressa graficamente como uma seta (vetor) cujo comprimento indica sua magnitude e cuja orientação indica sua direção (RASCH, P.J., 1991). No nosso trabalho não nos preocupamos, então, em indicar valores quantitativos para a determinação da

força. O nosso objetivo foi apenas indicar a direção e o comprimento dos vetores do m. ancôneo em comparação com o m. tríceps braquial tomando como referência a descrição feita por Kapandji, I.A. (2000).

Para estudar um vetor é muitas vezes conveniente decompô-lo em componentes ortogonais (LIPPERT, L.S., 2003), como apresentado por Kapandji, I.A. (2000) e pelo nosso modelo cinesiológico do m. ancôneo.

Entretanto, na nossa descrição do material e método nos referimos às linhas traçadas para a decomposição do vetor do músculo (V_m), mas não ilustramos essas linhas nas figuras (1,2,3). A disposição dessas linhas e o método do paralelogramo, utilizados por nós, são descritos por Lippert, L.S. (2003) e Rasch, P.J. (1991) da seguinte forma:

Suponhamos que um músculo exerça uma força de 100 Kg em um ângulo de 50° em relação ao eixo longitudinal do osso no qual ele se insere ().

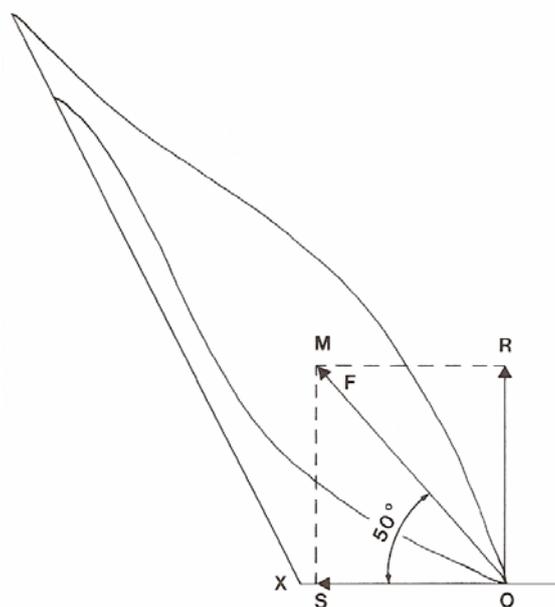


Figura 4

(Rasch, 1991): Resolução de um vetor que representa uma força muscular. X é o centro da articulação, em torno do qual o osso gira. OM é um vetor representando um músculo tracionando com uma força de 100 Kg a um ângulo de 50° do osso. OR é o componente rotatório; OS é o componente estabilizador.

Na figura 4, OM é o vetor que representa a tração do músculo sobre o ponto O do osso. X é o eixo da articulação. O vetor OM tem um módulo (o tamanho do vetor) e uma direção (a orientação do vetor, 50° em relação à OS). O vetor OM pode ser decomposto em dois componentes ortogonais, os vetores OR e OS. O vetor OR é o componente rotatório (componente eficaz) que atua perpendicularmente ao osso e representa a força que tende a girá-lo em torno do eixo X. O vetor OS é o componente estabilizador que atua ao longo do eixo longitudinal do osso e tende a tracioná-lo para seu encaixe em X. Os módulos dos vetores OR e OS podem ser obtido usando-se trigonometria:

$$OR = OM \times \text{sen. } 50^\circ = 76,6 \text{ Kg.}$$

$$OS = OM \times \text{cós. } 50^\circ = 64,3 \text{ Kg.}$$

O torque ou momento de uma força é a capacidade de uma força de produzir rotação em torno de um eixo. Numa alavanca o torque depende de tanto da força como do comprimento do braço da alavanca (WATKINS, J., 2001; LIPPERT, L.S., 2003).

O torque (T) é o produto da força (F) pelo comprimento do braço de alavanca (WIRHED, R., 1986; SMITH, L. et al., 1987; RASCH, P.J., 1991; WATKINS, J., 2001; LIPPERT, L.S., 2003).

$$T = F \times D$$

Segundo Kapanji, I.A. (2000) e Lippert, L.S. (2003) o ancôneo possui um torque pequeno. De fato a ASTF (que é proporcional à força tetânica) do ancôneo é relativamente pequena: 1,93 cm² de acordo com o nosso achado e 2,2 cm² segundo Hora, B. (1959) se comparada a do m. tríceps braquial: 39,2 cm² (FRIDÉN, J. et al., 2001).

Não temos conhecimento de dados publicados à respeito do comprimento do braço da alavanca do m. ancônio, o sobre o valor numérico do seu torque, mas ele é provavelmente pequeno. Para obter esse valor sugerimos um estudo adicional com tal objetivo.

O músculo tríceps braquial constitui uma alavanca de 1ª classe, assim como a fibras proximais do m. ancônio. Na maioria dos casos a alavanca de 1ª classe no corpo humano age com uma vantagem mecânica (VM) igual a 1, ou seja, elas agem para equilibrar ou mudar a direção da força de esforço.

Numa alavanca de 2ª classe a vantagem mecânica é maior que 1, o que caracteriza uma capacidade de aplicação de uma força maior.

Já as alavancas de 3ª classe tem VM menor, que 1 (HAMILL, J., 1999; WATKINS, J., 2001). É o caso das fibras médias e distais do m.ancônio. Hamill, J. (1999) refere que nesse tipo de alavanca uma grande força de esforço é aplicada para ganhar a vantagem de uma maior velocidade de movimento. Contudo, observando as figuras (1,2,3) no tocante aos componentes ortogonais do m. ancônio vê-se que o V_c é quase sempre preponderante ao V_e (responsável pelo giro). Com isso acreditamos que a maior força de esforço gerada pelo m. ancônio ocorre em direção ao fulcro, ou seja, no sentido do aumento da coaptação articular.

O m. ancônio mais provavelmente é um músculo estabilizador da articulação do cotovelo, principalmente devido ao comportamento constante, com poucas variações, do componente V_c e de um V_e muitas vezes inexpressivo. Outro dado importante é que o m. tríceps braquial apresenta uma área de secção transversal fisiológica muito maior que a do m. ancônio, contudo, a literatura afirma que o m. ancônio realiza a extensão do cotovelo

auxiliando o m. tríceps braquial que é o principal efetador desse movimento. Na realidade acreditamos que o m. ancôneo esteja ativo ao longo de toda a extensão do cotovelo, dado esse confirmado pela literatura (BOZEC S.L.; MATON, B., 1982; PLATZER, W., 1988; SETTINERI, L.I.C., 1988; GRAY, H., 1988; DUUS, P., 1989; SPENCER, A.P., 1991; SMITH, L. et al., 1997; PALASTANGA, N. et al., 2000; DÂNGELO J. G.; FATTINI, C.A., 2000; MOORE, K.L., 2001), mas com a finalidade de estabilizar essa articulação durante a realização da extensão. Se o m. ancôneo traciona a cápsula articular durante a extensão do cotovelo, evitando o seu pinçamento, devido a sua inserção nessa estrutura, não ficou claro no nosso estudo, contudo em todas as vinte dissecações observamos que o ancôneo se insere em parte significativa da porção póstero-lateral da cápsula.

Um estudo posterior poderá indicar o comportamento do m. ancôneo em relação à cápsula articular.

CAPÍTULO 3

MAPEAMENTO DA ÁREA DE PLACA MOTORA

INTRODUÇÃO

A área de inervação está geralmente localizada no meio da fibra muscular (BROWN, W.F., 1984). Por isto, em músculos fusiformes placa motora é um disco perpendicular às fibras musculares que corta o corpo do músculo ao meio enquanto em músculos penados a placa motora pode cortar transversalmente o músculo ou ter uma forma complexa, dependendo da orientação e distribuição das fibras musculares (DUCHEN, L.W.; GALE, N.A. 1985).

O potencial de ação muscular composto (PAMC) é o somatório dos potenciais de ação gerados pelas fibras musculares, registrados por eletrodos colocados sobre a pele que recobre o músculo (FOWLER, C.J., 1995). A forma de onda do PAMC depende da posição do eletrodo “ativo” de registro em relação à região de placa motora do músculo. Quando este eletrodo é posicionado sobre a região de placa motora o PAMC inicia com uma deflexão negativa enquanto quando o eletrodo encontra-se distante da região de placa motora o PAMC inicia com uma deflexão positiva (BROWN, W.F., 1984).

A área de placa motora, a área da pele situada sobre a placa motora, pode então ser mapeada registrando-se o seu potencial de ação muscular composto (BROWN, W.F., 1984). O conhecimento da área de placa motora do anconeio contribui para o seu estudo morfofuncional e para a definição do ponto de colocação dos eletrodos de registro do seu PAMC.

A definição do ponto de colocação dos eletrodos de registro do PAMC do m. ancônio contribui para a realização de testes de estimulação repetitiva no diagnóstico da miastenia grave (KENNETT, R. P.; FAWCETT, P. R. W., 1993; COSTA, J. et al., 2004).

Esta etapa do trabalho visou mapear a área de placa do ancônio através do registro do seu PAMC sobre a pele que o recobre.

MATERIAL E MÉTODO

Doze voluntários adultos jovens saudáveis com idade entre 22 e 35 anos de ambos os sexos participaram do estudo que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CCS-UFPE) em Recife. Os sujeitos foram informados sobre as condições do teste e assinaram termos de consentimento. Os testes foram realizados entre abril e maio de 2006.

O voluntário foi posicionado em decúbito dorsal com o cotovelo flexionado a 90° e apoiado sobre uma almofada que mantinha o membro elevado ao nível do corpo. O punho se manteve em posição neutra. Em seguida a pele sobre o ancônio foi massageada com uma pasta abrasiva, limpa com álcool e hidratada com pasta para condução.

Um eletrodo foi especialmente desenvolvido para o procedimento e era constituído por 4 parafusos de aço com cabeça de 3mm de diâmetro montados em uma base plástica arranjados em linha e separados 5mm entre si (figura 1).

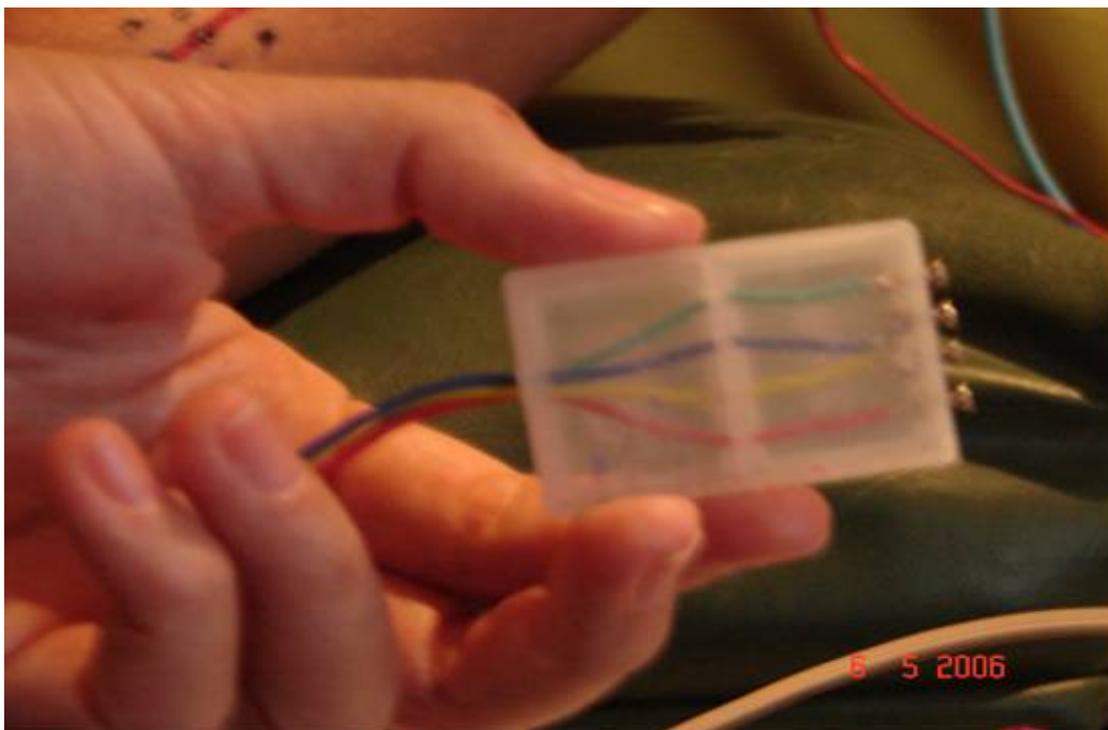


Figura 1
Eletrodo desenvolvido para o estudo.

Esse eletrodo, conectado a um eletroneuromiógrafo de 4 canais da marca Racia-Alvar Centor-M e, colocado sobre a pele que recobre o ancônio, possibilitou o registro simultâneo do PAMC em 4 locais diferentes em linha. O eletrodo de “referência” foi colocado sobre a ulna cerca de 10 cm distal ao ápice do olécrano e o eletrodo terra (c) sobre o epicôndilo lateral do úmero.

O ramo do nervo radial que inerva o m. ancônio foi estimulado com um estimulador bipolar convencional de barra (a), fixo com uma faixa de velcro (b) e posicionado cerca de 2 cm proximal ao olécrano. O estímulo foram pulsos quadrados de corrente com 0.1 ms de duração e intensidade entre 10 e 30 mA. A contração do músculo ancônio podia ser vista claramente sobre a pele, mas o antebraço praticamente não se movia.

O eletrodo de registro (d) era movido ordenadamente sobre a pele, com a linha de eletrodos orientada perpendicularmente à ulna.

A figura 2 ilustra as condições em que o procedimento foi realizado.

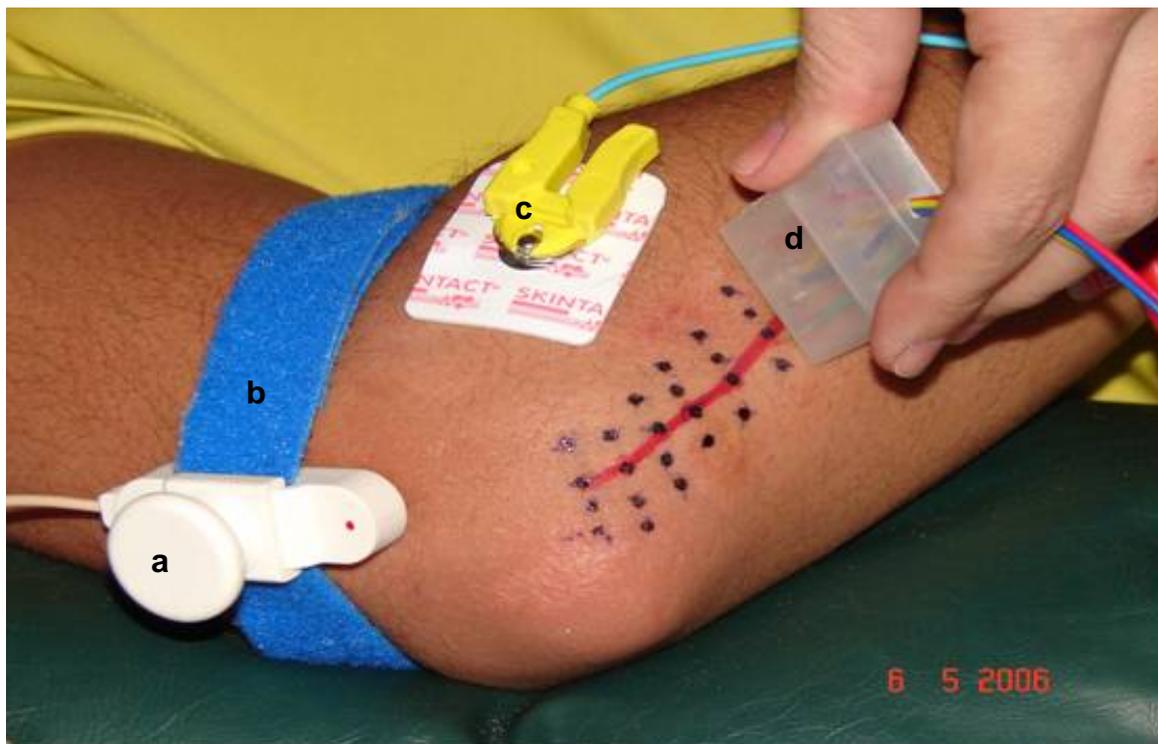


Figura 2
Realização do experimento em um dos sujeitos. a, é o estimulador; b é o velcro; c é o eletrodo terra e d é o eletrodo de registro.

A identificação da área de placa motora foi feita através da análise da forma de onda do PAMC registrado em cada ponto da matriz desenhada sobre a pele que recobre o m.ancôneo, utilizando os critérios estabelecidos por Brown, W.F. (1984) e descritos resumidamente na Introdução. Os mapeamentos realizados nos doze voluntários foram fotografados com máquina digital Sony 5.2.

RESULTADOS

A Figura 3 o ilustra o mapeamento da área de placa de um sujeito representativo.

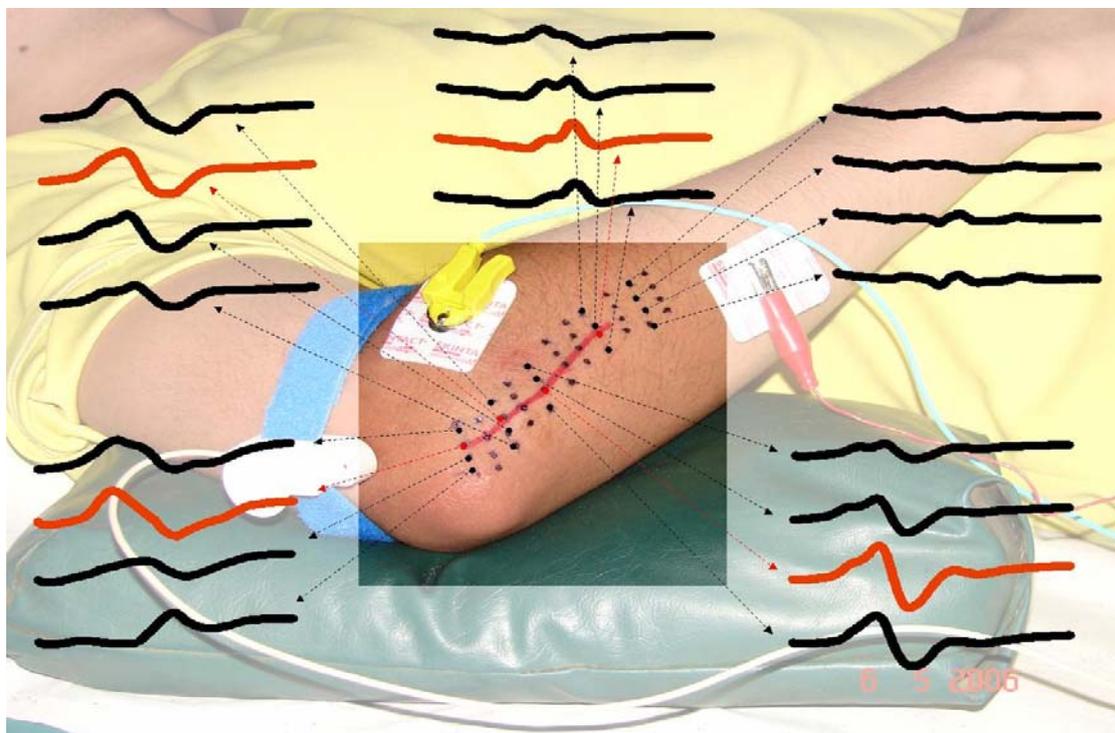


Figura 3
Resultados do experimento em um dos sujeitos.

Após mapear a área de placa, desenhá-la na pele do sujeito e fotografá-la, medimos o comprimento da mesma e a distância perpendicular entre a ulna e o início e o fim da área de placa. Os dados estão tabulados na tabela 1.

A figura 4 mostra uma representação gráfica das áreas de placa dos 12 sujeitos e da “área de placa média”. Nessa figura as doze áreas de placa motora do m. ancônio se comportaram como linhas paralelas à ulna, com tamanhos diversos apresentados na tabela 1. A linha vermelha da figura 4 representa a área de placa motora média.

Tabela 1

Comprimento da área de placa e distância (perpendicular) entre a ulna e o início e fim da área de placa (em centímetros) dos 12 sujeitos. X = Média, DP = Desvio padrão. * indica valores mais altos e • indica valores mais baixos.

Voluntário	Comprimento (cm)	Distância proximal ulna-placa (cm)	Distância distal ulna-placa (cm)
1	5,0	1,0	0,5•
2	5,5	1,0	0,5•
3	4,0	1,5	0,8
4	4,5	2,0*	1,0*
5	4,0	1,0	0,5•
6	4,0	1,0	0,5•
7	2,5•	0,7•	0,8
8	3,0	1,3	0,6
9	4,0	1,0	0,5•
10	5,0	1,0	0,5•
11	4,0	1,7	1,0*
12	6,5*	1,0	0,6
X (DP)	4,3±1,0	1,1±0,3	0,6±0,2
Variação	2.5 - 6.5	0.7 – 2.0	0.5 – 1.0

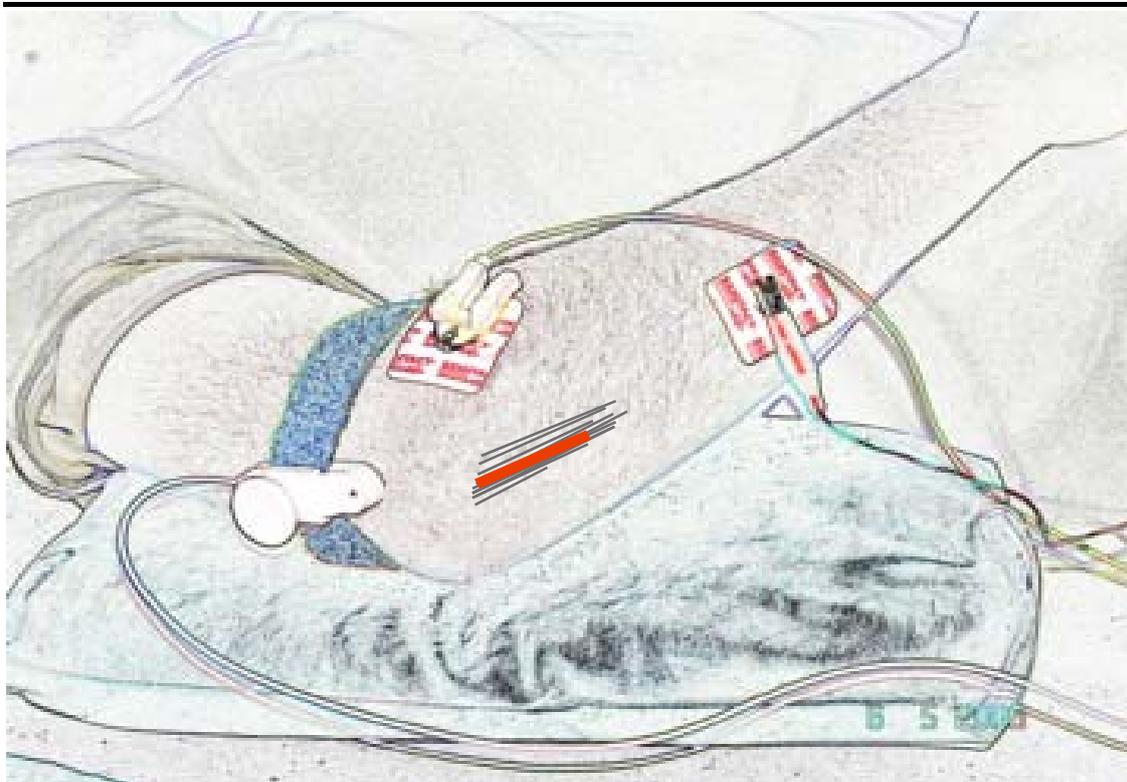


Figura 4

Representação das áreas de placa dos 12 sujeitos (linhas finas) e da "área de placa média" (a linha mais grossa).

DISCUSSÃO

Em nossa amostra a área de placa motora do m. ancônio constituiu-se em uma linha praticamente reta com um comprimento de 2,5 a 6.5 cm, correndo quase paralelamente à borda do segmento proximal da ulna a uma distância de cerca de 1 cm, ligeiramente inclinada, um pouco mais próxima à ulna em sua porção distal.

Esta disposição da área de placa motora pode ser prevista pela localização da área de inervação no meio das fibras musculares e pela forma arquitetônica do m. ancônio - um músculo penado com fibras que saem obliquamente de uma expansão tendinosa e inserindo-se ao longo da ulna.

Conforme pode ser visto na figura 4 a área prevista de placa motora corresponde bem com os nossos achados nos doze mapeamentos e confirma a afirmação de Kennett, R. P.; Fawcett, P. R. W. (1993) que descreveu a área de placa motora do m. ancônio como uma linha paralela em relação à ulna (Figura 5).

Em todos os mapeamentos da nossa amostra obtivemos uma distribuição da área de placa motora do m. ancônio compatível com o relato de Kennett, R. P.; Fawcett, P. R. W. (1993), embora esse autor não descreveu o método utilizado para mapear a área de placa motora do m. ancônio. Além disso, Brown, W.F. (1984) refere que a área de placa motora de um músculo depende do seu arranjo arquitetural, podendo ter uma distribuição simples ou complexa como mostrado por Fowler, C. J. (1995) na figura 6 da nossa revisão de literatura.

Independente do comprimento das áreas de placa motora do m. ancônio sugerimos que para a realização do teste de estimulação repetitiva

(TER) utilizado no diagnóstico das desordens de transmissão neuromuscular como a miastenia grave, o eletrodo de “ativo” de registro seja posicionado cerca de 2 cm distal ao olécrano e 1 cm lateral aborda da ulna, pois nessa posição, com certeza, o eletrodo “ativo” de registro estará dentro da área de placa motora o que facilitará a realização do TER e a qualidade do registro.

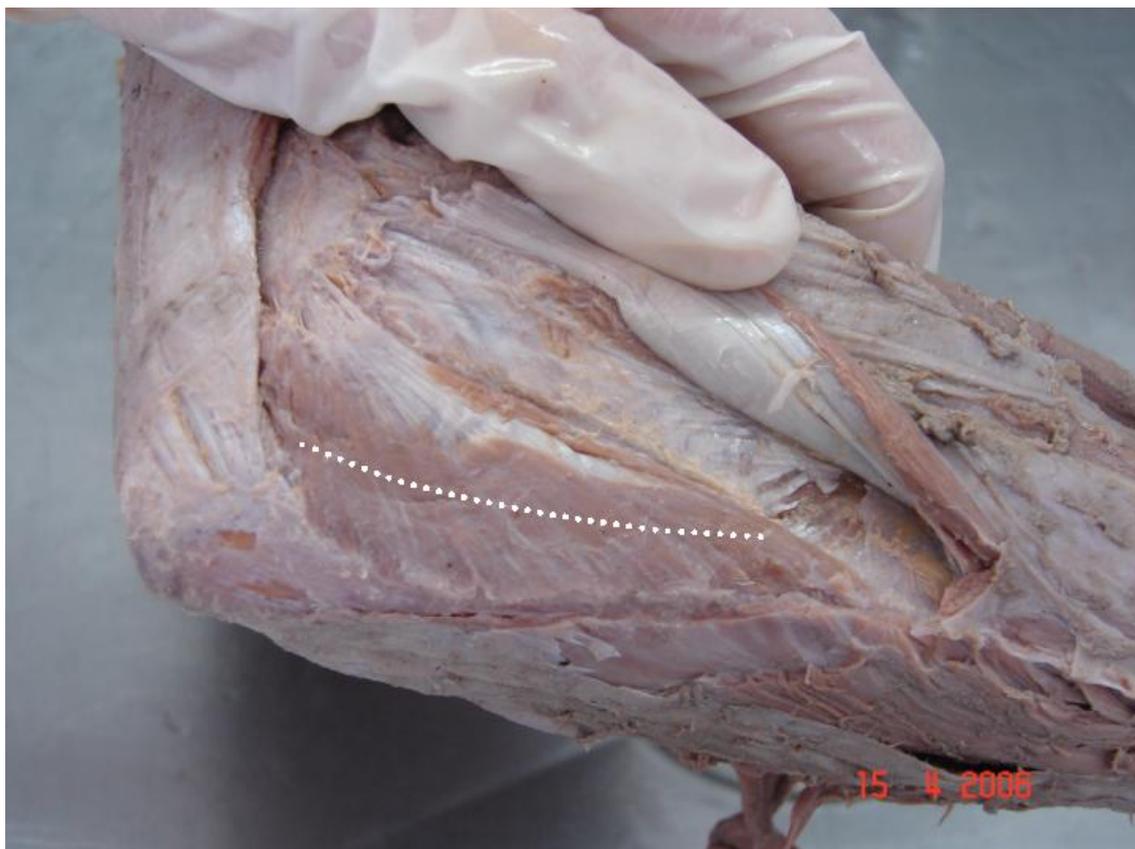


Figura 5
Representação da placa motora prevista do ancônio em uma peça anatômica.

CONCLUSÕES

Acreditamos que ao longo dos três capítulos desenvolvidos nesta dissertação julgamos poder responder aos nossos questionamentos iniciais propostos nos objetivos. Embora estudos posteriores, num prazo mais longo, se façam necessários no intuito de acrescentar dados e achados que possam responder a novas proposições.

1. O músculo ancônio localiza-se póstero-lateralmente no antebraço ocupando o compartimento extensor-supinador, entre a borda posterior da ulna, que o separa do m. flexor ulnar do carpo, e a artéria radial. O músculo está aderido à fáscia antebraquial que o recobre, prendendo-se ainda no septo intermuscular que o separa do m. extensor ulnar do carpo.

2. Observamos uma grande proximidade do m. ancônio com a cabeça medial do m. tríceps braquial, sendo, em alguns casos, difícil estabelecer um limite entre eles. No entanto, o m. ancônio apresentou origem e inserção própria, sendo, portanto, um músculo independente do m. tríceps braquial.

3. O ancônio é um músculo penado com forma triangular e que apresenta um ápice representado pelo epicôndilo lateral do úmero, onde se origina; uma base, representada pela borda posterior da ulna, onde suas fibras se inserem; e as bordas látero-inferior e superior. Sua inserção, no entanto não se limita a esta borda, pois ocupa também a face posterior da ulna. O seu tendão de origem se expande pela borda látero-inferior do músculo.

4. O m. ancônio apresenta um pequeno torque, ou seja, pouca capacidade de giro, em função do seu pequeno V_e , quase sempre menor do que o seu V_c , um vetor que indica aumento da coaptação articular, sendo

pouco efetivo para a extensão do cotovelo, mas com características de um músculo estabilizador desta articulação para ação do m. tríceps braquial.

5. As fibras do m. ancônio comportam-se como numa alavanca de 1ª classe (fibras proximais) e 3ª classe (fibras médias e distais).

6. Além disso, o m. ancônio apresenta área de secção transversal fisiológica, comprimento de fibra muscular e índice de design compatível para um músculo de força e pequena excursão.

7. A área de placa motora do m. ancônio apresentou-se como uma linha horizontal à ulna e disposta perpendicular às suas fibras musculares.

Em fim, acreditamos que o ancônio não é um pequeno músculo, resquicial ou secundário como, muitas vezes, faz acreditar a literatura consultada por nós, mas sim um músculo penado com fibras musculares curtas. Esse arranjo arquitetônico indica a característica funcional do músculo que é de produção de força, cuja função principal é provavelmente a estabilização da articulação do cotovelo.

REFERÊNCIAS*

1. ABRAHAMSSON, S. et al. Lateral elbow pain caused by anconeus compartment syndrome. **Acta Orthop. Scandinavian**. 58 (5): p. 589-91, 1987.
2. ABRAMS, G. D. et al. Pronador teres is an appropriate donor muscle for restoration of wrist and thumb extension. **The Journal of Hand Surgery**. 1, p. 1068-1073, 2005.
3. ASHWORTH, C. et al. (1990) **Anatomia e fisiologia humana**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p.153 e 171.
4. BASMAJIAN, J.V. et al. Function of anconeus muscle. **The Journal of Bone and Joint Surgery**. 54-A, p. 1712-1714, 1972.
5. BOZEC, S.L.; MATON, B. The activity of anconeus during voluntary elbow extension: the effect of lidocaine blocking of the muscle. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol**. 22(4), p. 265-275, 1982.
6. BROWN, W.F. (1984). **The physiological and technical basis of electromyography**. London: Butterworth publishers, p. 232-234.
7. CALAIS-GERMAIN, B. (1992). **Anatomia para o movimento**. São Paulo: Editora Manole.
8. CALLEGARI-JACQUES, S. (2004). **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Editora Artmed.
9. CHLEBOUN, G.S. et al. Skeletal muscle architecture and fiber-type distribution with the multiple bellies of the mouse extensor digitorum longus muscle. **Acta Anatomica**. 159, p. 147-155, 1997.
10. COEL, M. et al. MR imaging of patients with lateral epicondylitis of the elbow (tennis elbow): importance of increased signal of the anconeus muscle. **AJR**, 161: 1019-1021, 1993.
11. COSTA, J. et al. Repetitive nerve stimulation in myasthenia gravis – relative sensitivity of different muscles. **Clinical Neurophysiology**. 115, p. 2776-2782, 2004.

*De acordo com ABNT de maio de 2003.

12. CUNNINGHAM, D. J. (1949). **Anatomia humana**. Tomo 1. Manuel Marin, editor, p. 531, 532 e 533.
13. DALLALANA, E. M. et al. (1985). **Anatomia para educação física**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora cultura médica, p. 190.
14. DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C.A. (2000). **Anatomia humana sistêmica e segmentar**. 2 ed. São Paulo: Editora Atheneu.
15. DUCHEN, L.W. GALE, N.A. (1985). **The motor end-plate**. In: Scientific bases of clinical neurology. M Swash, C Kennard (eds) Churchill Livingstone: Edinburgh. p.400-407.
16. DUCHENNE, G.B.A. (1949). Physiology of motion demonstrated by means of electrical stimulation and clinical observation and applied to the study of paralysis and deformities. Apud Gleason, T. et al., 1985.
17. DELP, S.L. et al. Architecture of the rectus abdominis, quadratus lumborum, and erector spinae. **Journal of Biomechanics**. 34, p. 371-375, 2001.
18. DUMITRU, D. Physiologic basis of potentials recorded in electromyography. **Muscle & Nerve**. 23, p.1667-1685, 2000.
19. DUUS P. (1989). **Diagnóstico topográfico em neurologia**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora cultura médica. p. 41 e 55.
20. FALLA, D. et al. Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles – a basis for clinical and research electromyography applications. **Clinical Neurophysiology**. 113, p. 57-63, 2001.
21. FERREIRA, A. S. (1999). **Lesões nervosas periféricas: diagnóstico e tratamento**. Porto Alegre: Livraria e Editora Santos. p. 11-17.
22. FINNI, T. Structural and functional features of human muscle-tendon unit. **Scandinavian Journal of Medicine e Science in Sports**. 16, p. 147-158, 2006.

23. FOWLER, C.J. (1995). **Clinical measurement of nerve condition**. In: Clinical Neurophysiology. Oxford: ed. J.W. Osselton, p. 60-75.
24. FRIDÉN, J. et al. Quantitative evaluation of the posterior deltoid to triceps tendon transfer based on muscle architectural properties. **The Journal of Hand Surgery**. 26A, p. 147-155, 2001.
25. GARDNER, E. et al. (1988). **Estudo regional do corpo humano**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 133.
26. GLEASON, T. et al. The Function of the anconeus muscle. **Clinical Orthopaedics and Related Research**. p.147-8, 1985.
27. GOODGOLD, J. (1974). **Anatomical correlates of clinical electromyography**. Baltimore: Williams e Wilkins Company Publisher, p. 35.
28. GRAY, Henry (1979) **Anatomia**. Tomo I. 35 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 468-473, 516 e 523.
29. GRAY, Henry (1988) **Anatomia**. 29 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 379, 386, 801 e 802.
30. HAMILL, J. (1999). **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Editora Manole. p. 74-6, 89 a 91, 117 a 123, 168 a 172, 437 a 440 e 502.
31. HAMILTON, W. J. (1982). **Tratado de anatomia humana**. 2 ed. São Paulo: Editora Interamericana. p. 179.
32. HOLLINSHEAD, W. H.; ROSSE, C. (1991). **Anatomia**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Interlivros. p. 174-5, 191.
33. HOPPENFELD, S. (1987). **Propedêutica ortopédica: coluna e extremidades**. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu. p. 36 e 53.
34. HORA, B. **O “Musculus Anconeus” contribuição ao estudo da sua arquitetura e das suas funções**. Tese. Faculdade de Medicina da Universidade do Recife, 1959.

35. JACOB, S. W. et al. (1990). **Anatomia e fisiologia humana**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 148, 153 e 157.
36. KAPANDJI, I. A. (2000). **Fisiologia articular**. vol. 1: Membro Superior. 5 ed. São Paulo: Editora Panamericana.
37. KARAMANIDIS, K. et al. Inevitable joint angular rotation affects muscle architecture during isometric contraction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 15, p. 608-616, 2005.
38. KENDALL, H. O. et al. (1980). **Músculos provas e funções**. 2ª ed. São Paulo: Editora Manole. São Paulo, p. 110-111.
39. KENNETT, R. P.; FAWCETT, P. R. W. Repetitive nerve stimulation of anconeus in the assessment of neuromuscular transmission disorders. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, 89: 170-176, 1993.
40. KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, W. (2000). **Atlas de anatomia humana: aparelho do movimento**. São Paulo: Editora Atheneu.
41. KISNER, C.; COLBY, L. A. (1989). **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e técnica**. São Paulo: Editora Manole. p. 296 e 298.
42. LEDOUX, W.R. et al. Pennation angles of the intrinsic muscles of the foot. **Journal of Biomechanics**. 34, p. 399-403, 2001.
43. LIEBER, R. L.; FRIDEN, J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. **Muscle & Nerve**. 383, p.1647-1665, 2000.
44. LIEBER, R. L.; FRIDEN, J. Clinical significance of skeletal muscle architecture. **Clinical Orthopaedics and Related Research**. 383, p. 140-151, 2001.
45. LIPPERT, L. S. (2003). **Cinesiologia clínica para fisioterapeutas**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 21, 26-7, 53-9, 62-9, 104-105.

46. MOORE K. L. (2001). **Anatomia orientada para a clínica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 643 e 644.
47. MORSE, C.I. et al. Changes in triceps surae muscle architecture with sarcopenia. **Acta Physiology Scandinavian**. 183, p. 291-298, 2005.
48. MURRAY, W.N. et al. The isometric functional capacity of muscles that cross the elbow. **Journal of Biomechanics**. 33, p. 943-952, 2000.
49. NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 3 ed. Porto Alegre: Editora ArtMed. 2004. CD-ROM.
50. NEUMANN, D.A. (2006). **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.
51. Nômina Anatômica. (1984). Editora Médica e Científica, LTDA.
52. O'RAHILLY, R. (1985). **Anatomia humana básica: um estudo regional da estrutura humana**. São Paulo: Editora Interamericana, p. 78.
53. PALASTANGA, N. et al. (2000). **Anatomia e movimento humano**. 3 ed. São Paulo: Editora Manole, p. 87-9.
54. PLATZER, W. (1988). **Atlas de anatomia humana: aparelho de movimento**. 3 ed. São Paulo: Editora Manole, p. 134 e 154.
55. PROMETHEUS. (2006). **Atlas de anatomia: anatomia geral e aparelho locomotor**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 272.
56. RASCH, P. J. (1991). **Cinesiologia e anatomia aplicada**. 7 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 98-99, 139.
57. ROHEN, J.W. et al. (2002). **Atlas de anatomia humana**. 5 ed. São Paulo: Editora Manole.
58. SETTINERI, L.I.C. (1988). **Biomecânica: noções gerais**. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu. p. 181.

59. SMITH, L. et al. (1987). **Cinesiologia clínica de Brunnstrom**. 5 ed. São Paulo: Editora Manole. p. 197 e 202.
60. SNELL, R. S. (1999). **Anatomia clínica para estudantes de medicina**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 408-410 e 435-436.
61. SOBOTTA. (2000). **Atlas de anatomia humana**. 21 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.
62. SOUZA, R. R. (1982). **Anatomia para estudantes de educação física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 263 e 266.
63. SPENCER, A. P. (1991). **Anatomia humana básica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Manole. p. pág. 222-223, 229.
64. STEINMANN, S.P. et al. Chronic anconeus compartment syndrome: a case report. **The Journal of Hand Surgery**. 25A:959-961, 2000.
65. TESTUT, L.; LATARGET, A. (1975). **Tratado de anatomia humana**. Tomo Primero. Salvat Editores S.A., p. 1055 e 1056.
66. WARD, S.R.; LIEBER, R.L. Density and hydration of fresh and fixed human skeletal muscle. **Journal of Biomechanics**. 38, p. 2317-2320, 2005.
67. WATKINS, J. (2001) **Estrutura e função do sistema músculo esquelético**. Porto Alegre: Editora ArtMed. p. 43 a 46, 240-1, 258 a 262, 270-1.
68. WIRHED, R. (1986). **Atlas de anatomia do movimento**. São Paulo: Editora Manole. p. 135.
69. WOLF, H.; SOUZA, O.M. (2000). **Atlas de anatomia humana**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.
70. WOODBURN, R. T. (1978) **Anatomia humana**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 68.

Meu pé.

Anexos:

Anexo A

Relatório de aprovação do comitê de ética em pesquisa com seres humanos do CCS.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. N.º 153/2006-CEP/CCS

Recife, 05 de setembro de 2006.

Registro do SISNEP FR –74152

CAAE –1414.1.172.000-05

Registro CEP/CCS/UFPE Nº 289/05

Título: “ **Estudo morfofuncional do músculo ancôneo através da observação em humanos e eletroneuromiografia de superfície.**”

Pesquisador Responsável: Maria das Graças Wanderley de S. Cariolano

Senhora Pesquisadora:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) registrou, analisou e aprovou a modificação do título da pesquisa em epígrafe: “**Estudo morfofuncional do músculo ancôneo através da observação em humanos e eletroneuromiografia de superfície**”.

Ressaltamos que o pesquisador responsável deverá apresentar relatório ao final da pesquisa (3/01/07).

Atenciosamente,

A assinatura manuscrita em azul do Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto.

Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto
Coordenador do CEP/CCS / UFPE

A

Mestranda. Maria das Graças Wanderley de S. Cariolano
Programa de Pós-Graduação em Anatomia Patológica – CCS/UFPE

Anexo B

Artigo submetido à revista Arquivos de Neuropsiquiatria.

APRESENTAÇÃO

Título: Teste de estimulação repetitiva no músculo ancôneo para diagnóstico da miastenia grave: mapeamento da sua área de placa motora.

Autores:

- Maria das Graças Wanderley S. Coriolano. (Wanderley, G). Aluna do Mestrado em Patologia da UFPE.
- Ademar Amorim (Amorim Jr.,A.A.) – Professor Doutor do Departamento de Anatomia da UFPE.
- Otávio G. Lins (Lins, O.G.) – Professor Doutor do Departamento de Neuropsiquiatria da UFPE e Neurofisiologista Clínico do Hospital das Clínicas de Pernambuco.

Instituição:

Hospital das Clínicas - Universidade Federal de Pernambuco. Av. Profº Moraes Rego, s/n. Cidade Universitária. Recife – PE - Brasil. CEP: 50670-420.

Autor para correspondência:

Profª Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano. Endereço postal: Rua Jerônimo Vilela, 665 B, Campo Grande- Recife – PE. CEP: 52040-180.

e-mail: coriolus@uol.com.br

RESUMO

Objetivo: Mapear a área de placa motora do músculo ancônio para definir a melhor localização dos eletrodos de registro em testes de estimulação repetitiva (TER) no diagnóstico dos distúrbios da transmissão neuromuscular.

Métodos: Registramos o potencial de ação composto do músculo ancônio sobre a pele que o recobre, após estimulação do ramo que o inerva.

Analisando as formas de onda registradas em cada ponto da pele foi possível definir a área de placa.

Resultados: A área de placa motora do ancônio é uma linha paralela à borda da ulna. A melhor local de colocação do eletrodo “ativo” de registro situa-se cerca de 2 cm distal ao olécrano e 1 cm lateral à borda da ulna. **Conclusão:** A realização de TER no músculo ancônio é simples e bem tolerada. Com a estimulação do ancônio o antebraço praticamente não se move, sendo o procedimento livre de artefatos de movimento.

Palavras-chave: Músculo ancônio, área de placa motora, teste de estimulação repetitiva, distúrbios da transmissão neuromuscular, miastenia grave.

ABSTRACT

Object: To map the motor end-plate area of the anconeus muscle and define the best place for positioning the recording electrodes in repetitive stimulation tests (RST) for the diagnosis of neuromuscular transmission disorders.

Methods: The compound muscle action potential of the anconeus was recorded after stimulating the motor branch of the radial nerve that innervates it. By analyzing the waveforms registered at each point of the skin we were able to define the motor end-plate area.

Results: The motor end-plate area of the anconeus is a line parallel to the ulna border. The best place for placing the “active” recording electrode is about 2cm distal to the olecranon and 1 cm lateral to the border of the ulna.

Conclusion: Performing RST in the anconeus muscle is simple and well tolerated. Stimulation of the anconeus almost doesn't move the forearm and the procedure is virtually free of movement artifacts.

Keywords: Anconeus muscle, motor end-plate area, repetitive stimulation tests, neuromuscular transmission disorders, myasthenia gravis.

INTRODUÇÃO

Os distúrbios da transmissão neuromuscular constituem um grupo heterogêneo de doenças que podem ser congênitas, auto-imunes ou tóxicas¹. A miastenia grave, o mais comum, é um distúrbio auto-imune que se caracteriza por um defeito pós-sináptico na transmissão neuromuscular² e apresenta dois pontos cardinais: debilidade muscular e fadigabilidade³.

Os testes de estimulação repetitiva (TER) são técnicas eletrofisiológicas simples e muito úteis para auxiliar o diagnóstico dos distúrbios da transmissão neuromuscular^{4,5}. Os TER devem ser solicitados sempre que se suspeita de miastenia grave, botulismo, síndrome miastênica de Lambert-Eaton ou, em geral, para qualquer paciente que apresente fadigabilidade, fraqueza proximal, disfagia, disartria ou anormalidades oculares^{6,7}.

No TER à 3 Hz, a técnica eletrodiagnóstica mais comumente utilizada para o diagnóstico de miastenia grave, registra-se o potencial de ação muscular composto à estímulos repetindo 3 vezes por segundo e o declínio da amplitude desse potencial de mais de 10% em relação à amplitude do primeiro potencial sugere um defeito pós-sináptico da transmissão neuromuscular^{8,9}.

Em geral os TER realizados em músculos proximais são mais sensíveis que em músculos distais, no entanto o procedimento é mais desconfortável e tecnicamente mais difícil naqueles músculos^{10,11}.

O ancônio é um músculo de localização intermediária, pequeno, superficial e facilmente identificável na face posterior proximal do antebraço. É innervado por um ramo do nervo radial que trafega superficialmente junto a cabeça medial do tríceps, onde pode ser facilmente estimulado com um

estimulador comum de superfície. É um músculo relativamente sensível e bastante confortável para a realização de TER^{12,13}.

Para o registro do potencial de ação muscular composto (PACM) de um músculo é fundamental o conhecimento da sua área de placa motora. A área de placa motora é a área da pele situada sobre a placa motora do músculo. No presente estudo nós mapeamos eletrofisiologicamente a área de placa motora do músculo ancônio. O principal objetivo do estudo foi definir a localização mais adequada de colocação dos eletrodos de registro na realização de TER no músculo ancônio.

MATERIAL E MÉTODOS

Doze voluntários adultos saudáveis de ambos os sexos com idade entre 21 e 35 anos participaram do estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CCS-UFPE). Os sujeitos foram informados sobre as condições do teste e assinaram termos de consentimento.

O voluntário foi posicionado em decúbito dorsal com o cotovelo flexionado a 90° e apoiado sobre uma almofada que mantinha o membro elevado ao nível do corpo. O punho se manteve em posição neutra. Em seguida a pele sobre o ancônio foi massageada com uma pasta abrasiva, limpa com álcool e hidratada com pasta para condução.

Um eletrodo foi especialmente desenvolvido para o procedimento e era constituído por 4 parafusos de aço com cabeça de 3mm de diâmetro montados em uma base plástica arranjados em linha e separados 5mm entre si (figura 1).

Esse eletrodo, conectado a um eletroneuromiógrafo de 4 canais e colocado sobre a pele que recobre o ancôneo, possibilitou o registro simultâneo do PACM em 4 locais diferentes em linha. O eletrodo de “referência” foi colocado sobre a ulna cerca de 10 cm distal ao ápice do olécrano e o eletrodo terra sobre o epicôndilo lateral do úmero.

O ramo do nervo radial que inerva o ancôneo foi estimulado com um estimulador bipolar convencional de barra, fixo com uma faixa de velcro e posicionado cerca de 2 cm proximal ao olécrano. O estímulo eram pulsos quadrados de corrente com 0.1 ms de duração e intensidade de corrente entre 10 e 20 mA. A contração do músculo ancôneo podia ser vista claramente sobre a pele, mas o antebraço praticamente não se movia.

O eletrodo de registro era movido ordenadamente sobre a pele, com a linha de eletrodos orientada perpendicularmente as fibras musculares. O procedimento durava de 10 a 20 minutos e era geralmente bem tolerado. Alguns sujeitos relataram desconforto moderado no final de procedimentos mais demorados.

A figura 1 ilustra as condições em que o procedimento foi realizado.

A identificação da área de placa motora foi feita através da análise da forma de onda do PACM registrado em cada ponto da grade desenhada sobre a pele que recobre o ancôneo, utilizando os critérios estabelecidos por Brown¹⁴.

Após mapear a área de placa, desenhá-la na pele do sujeito e fotografá-la, medimos o comprimento da mesma e a distância perpendicular entre a ulna e o início e o fim da área de placa.



Fig 1. Realização do experimento em um dos sujeitos.

RESULTADOS

A Figura 2 ilustra o mapeamento da área de placa de um sujeito representativo.

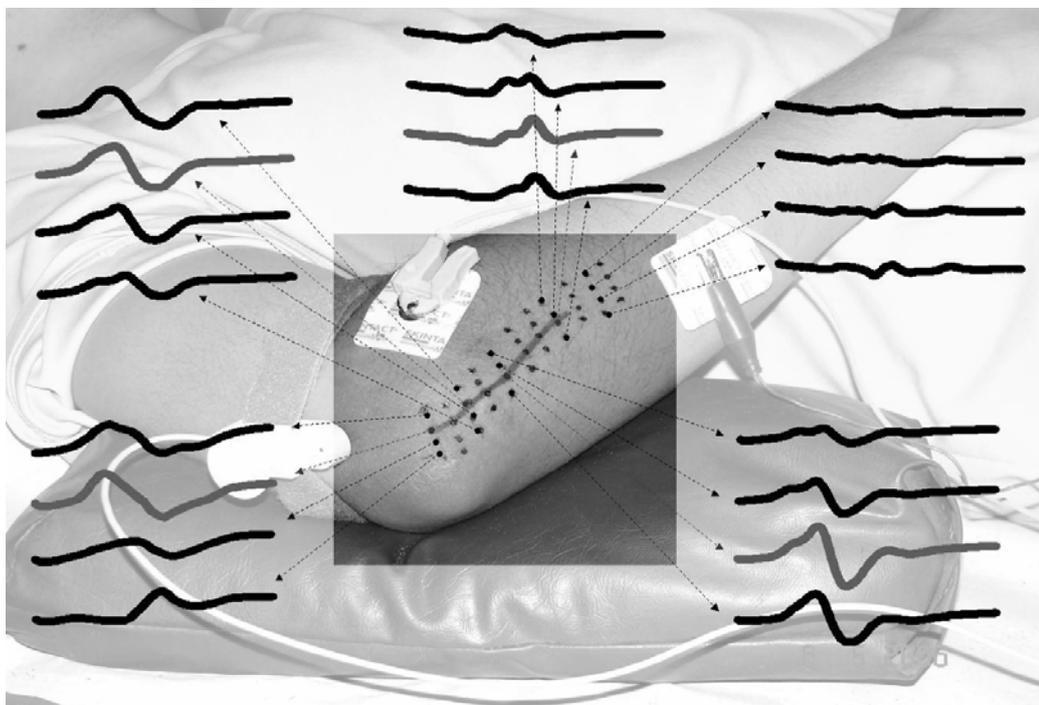


Fig 2. Resultados do experimento em um dos sujeitos.

As medidas do mapeamento das placas motoras dos 12 sujeitos são mostradas na tabela.

Tabela. Comprimento, distância perpendicular entre a ulna e o início da área de placa e distância entre a ulna e o fim da área de placa (em cm) dos 12 sujeitos, assim como a média, desvio padrão e o intervalo de variação (variação).

Sujeito	Comprimento	Distância proximal ulna-placa	Distância distal ulna-placa
1	5,0	1,0	0,5
2	5,5	1,0	0,5
3	4,0	1,5	0,8
4	4,5	2,0	1,0
5	4,0	1,0	0,5
6	4,0	1,0	0,5
7	2,5	0,7	0,8
8	3,0	1,3	0,6
9	4,0	1,0	0,5
10	5,0	1,0	0,5
11	4,0	1,7	1,0
12	6,5	1,0	0,6
X (DP)	4,3 ± 1,0	1,1 ± 0,3	0,6 ± 0,2
Variação	2.5 - 6.5	0.7 – 2.0	0.5 – 1.0

A figura 3 mostra uma representação das áreas de placa dos 12 sujeitos assim como a representação da “área de placa média” dos sujeitos. O círculo no meio da “área de placa média” representa o local proposto para a colocação do eletrodo “ativo” de registro. Esta posição situa-se cerca de 2 cm distal ao olécrano e 1 cm lateral à borda da ulna.

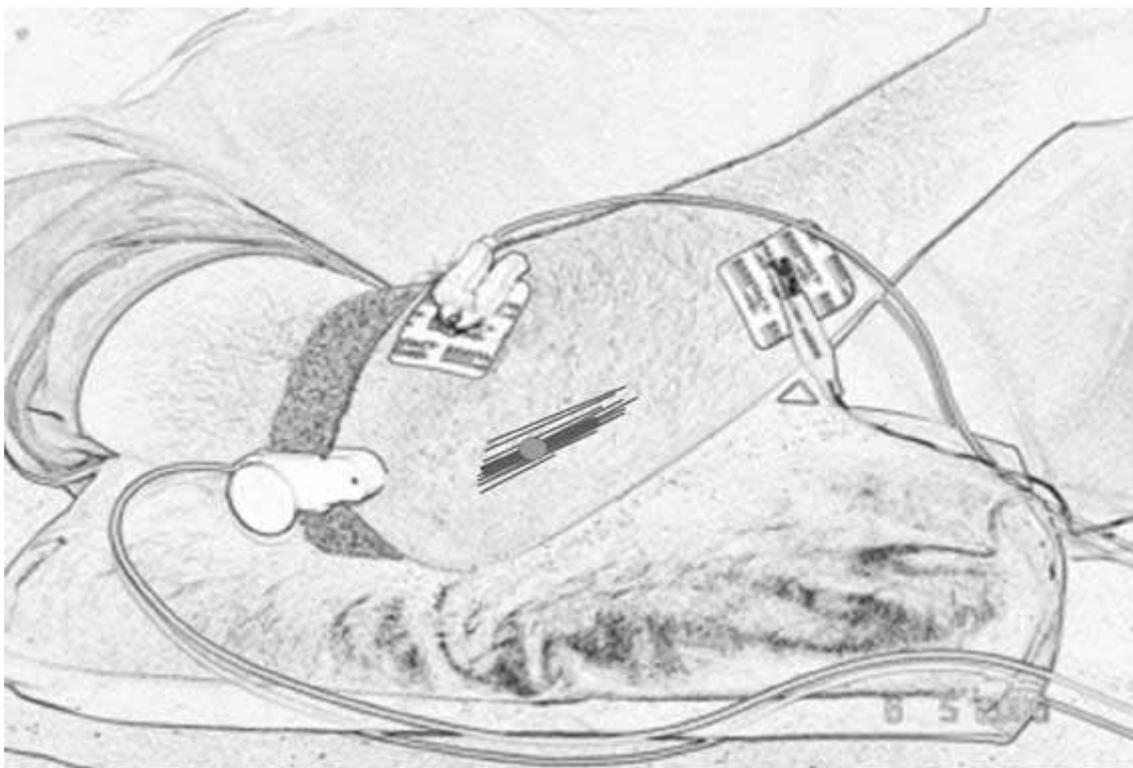


Fig 3. Representação das áreas de placa de todos os 12 sujeitos e representação da “área de placa média” dos sujeitos. O círculo representa a posição proposta do eletrodo “ativo” de registro do PAMC.

DISCUSSÃO

O nosso estudo demonstra que a realização de TER no músculo ancônio é tecnicamente simples e bem tolerada. O ramo do nervo radial que inerva o ancônio é facilmente estimulado com um eletrodo convencional de barra, utilizando correntes relativamente baixas. A estimulação do ancônio produz uma contração claramente visível sob a pele que o recobre, porém o antebraço praticamente não se move. O procedimento é, pois, praticamente livre de artefatos de movimento. Apesar do procedimento ter sido relativamente demorado o desconforto foi moderado, praticamente limitado ao final dos procedimentos mais demorados.

A área de inervação está geralmente localizada no meio da fibra muscular¹⁴. Por isto, em músculos fusiformes placa motora é um disco

perpendicular às fibras musculares que corta ao meio o corpo do músculo. Em músculos penados a placa motora pode cortar transversalmente o músculo ou ter uma forma complexa, dependendo da orientação e distribuição das fibras musculares^{15,16}.

Em nossa amostra a região de placa motora do músculo ancônio foi uma linha praticamente reta com um comprimento de 2,5 a 6.5 cm, correndo quase paralelamente à borda do segmento proximal da ulna a uma distância de cerca de 1 cm, ligeiramente inclinada, um pouco mais próxima à ulna em sua porção distal. Esta disposição da área de placa motora pode ser prevista pela localização da área de inervação no meio das fibras musculares e pela forma arquitetônica do ancônio - um músculo penado com fibras que saem obliquamente de uma expansão tendinosa e inserindo-se ao longo da ulna^{17,18}.

REFERÊNCIAS

1. Evoli A. Clinical aspects of neuromuscular transmission disorders. *Acta Neurol Scand* 2006;113:8-11.
2. Soleimani A et al. Frequency of myasthenia crisis in relation to thymectomy in generalized myasthenia gravis: A 17-Year Experience. *BMC Neurology* 2004; 4: 12:1-6.
3. Scola RH et al. Miastenia grave distal. *Arq Neuropsiquiatr* 2003; 61(1): 119-120.
4. Oh SJ. *Eletromyography: Neuromuscular transmission*. Baltimore: Williams & Wilkins. 1988;14-15
5. Lo YL et al. Repetitive hypoglossal nerve stimulation in myasthenia gravis. *Clin Neurophysiol* 2002;113:1227-1230
6. Preston DC, Shapiro BE. *Electromyography and neuromuscular disorders*. Boston: Butterworth-Heinemann. 1998; 503.
7. Keeseey JC. AAEM Minimonograph no. 33: Eletrodiagnostic approach to defects of neuromuscular transmission. AAEM, 1989.
8. Campbell WW. *Essentials of Electrodiagnostic Medicine*. Baltimore: Williams & Wilkins. 1999; 284-286
9. Asawa T, Shindo M, Momoi H. Compound muscle action potentials during repetitive nerve stimulation. *Muscle & Nerve*. 2004; 29:724-728.
10. Dumitru D, Amato AA, Machiel JZ. *Electrodiagnostic Medicine*. Philadelphia: Hanley & Belfus. 2002; 1168-1170
11. Pavesi G. Masseteric repetitive stimulation in the diagnosis of myasthenia gravis. *Clin Neurophysiol*. 2001;112:1064-1069.

12. Kennett RP, Fawcett PRW. Repetitive nerve stimulation of anconeus in the assessment of neuromuscular transmission disorders. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1993;89:170-176.
13. Costa J et al. Repetitive nerve stimulation in myasthenia gravis – relative sensitivity of different muscles. *Clin Neurophysiol* 2004; 115:2776-2782.
14. Brown WF. The physiological and technical basis of electromyography. London: Butterworth, 1984; 232-234.
15. Fowler CJ. Clinical measurement of nerve conduction. In: *Clinical Neurophysiology*. JW Osselton (ed). Oxford: Butterworth-Heinemann. 1995:60-75.
16. Duchen LW, Gale NA. The motor end-plate. In: *Scientific bases of clinical neurology*. M Swash, C Kennard (eds) Churchill Livingstone: Edinburgh. 1985:400-407.
17. Hora B. O “Musculus Anconeus”: Contribuição ao estudo da sua arquitetura e das suas funções. Tese. Faculdade de Medicina da Universidade do Recife, 1959.
18. Wanderley G. Estudo morfofuncional do músculo ancônio. Tese. Departamento de Anatomia da Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

Anexo C

Certificado de apresentação de pôster no Congresso Brasileiro de Neurologia (19 a 23/08/2006) com o título: mapeamento da placa motora do músculo anconeio como recurso para testes de estimulação repetitiva nas desordens de transmissão neuromuscular.



XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE NEUROLOGIA
VI Encontro Luso-Brasileiro de Neurologia
 II Congresso da Federação Latino-Americana de Neurologia - NEUROSLUR
19 a 23 de agosto - Recife - PE - Brasil
Centro de Convenções de Pernambuco

ORGANIZAÇÃO


APOIO
 

PATROCÍNIO
 

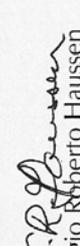
Certificado

Certificamos que

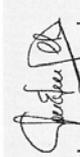
MARIA DAS GRAÇAS WANDERLEY DE S. CORIOLA

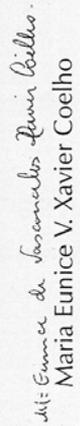
participou do **XXII Congresso Brasileiro de Neurologia**, do **VI Encontro Luso-Brasileiro de Neurologia** e do **II Congresso da Federação Latino-Americana de Neurologia - NEUROSLUR**, realizados de 19 a 23 de agosto de 2006, no Centro de Convenções, Recife, Pernambuco na qualidade de Autora do trabalho *"Mapeamento da Placa Motora do Músculo Anconeio como Recurso para Testes de Estimulação Repetitiva nas Desordens de Transmissão Neuromuscular"*.

Recife, 23 de agosto de 2006


 Sérgio Roberto Haussen
 Presidente da ABN


 Maria Lúcia Brito Ferreira
 Comissão Gestora


 Gilson Edmar Gonçalves e Silva
 Comissão Gestora


 Maria Eunice V. Xavier Coelho
 Comissão Gestora

Anexo D

Certificado de apresentação de pôster no Congresso Brasileiro de Anatomia (08 a 12/10/2006) com o título: estudo morfológico do músculo ancôneo através da observação em humanos.

XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ANATOMIA
XXVII CONGRESO CHILENO DE ANATOMÍA
VIII CONGRESO DE ANATOMÍA DEL CONO SUR

8 a 12 de outubro de 2006 - Florianópolis/SC - Brasil

Certificamos que o trabalho intitulado: "Estudo morfológico do músculo ancôneo através da observação em humanos", de autoria de Maria Das Graças Wanderley De Sales Coriolano; Adelfmar Afonso De Amorim Júnior; Otávio Gomes Lins; Marleyne José Afonso Acciofy Lins Amorim, foi apresentado sob a forma de Painel nos XXII Congresso Brasileiro de Anatomia, XXVII Congreso Chileno de Anatomía e VIII Congreso de Anatomía del Cono Sur, realizados de 8 a 12 de Outubro de 2006, em Florianópolis, SC, Brasil.

Prof. Dr. Ademair de Souza
 Presidente do XXII Congresso Brasileiro de Anatomia

Prof. Dra. Carla Gabrielli
 Presidente da Comissão Científica

Prof. Dr. Mariano del Sol
 Presidente del XXVII Congreso Chileno de Anatomía y del VIII Congreso de Anatomía del Cono Sur

Prof. Dr. Hérmes Bravo
 Presidente del Comité Científico

Promoção:

Apoio:

UFSC
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CNPq
 CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

CAAB
 COMISSÃO ANATOMICA BRASILEIRA

TAFTU

Anexo E

Artigo submetido à revista International Journal of Morfology através do e-mail mdelsol@ufro.cl no dia 17/11/2006.

Title: MACROSCOPIC AND MORPHOLOGICAL STUDY OF ANCONEUS MUSCLE

Authors:

- Maria das Graças Wanderley S. Coriolano (Coriolano, G). Pupil Mestrado of the Morphology of the Federal University of Pernambuco/Recife/Brazil.

- Ademar Amorim (Amorim Jr.,A.A.) – Prof. Doctor of the Anatomy of the Center of Biological Sciences of the Federal University of Pernambuco/Recife/Brazil .

- Otávio G. Lins (Lins, O.G.) – Prof. Doctor of the Department of the Neuropsiquitric of the Clinical Hospital of the Federal University of Pernambuco/Recife/Brazil .

University:

Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Departamento de Anatomia. Av. Profº Moraes Rego, 1235. Cidade Universitária. Recife – PE. CEP: 50670-420.

Author of mail:

Profª Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano.

R. Jerônimo Vilela, 665B, Campo Grande – Recife – PE – Brasil. CEP: 52040-180.

e-mail: coriolus@uol.com.br gracawander@hotmail.com

SUMMARY:**MACROSCOPIC AND MORPHOLOGICAL STUDY OF ANCONEUS MUSCLE**

Introduction: The anconeus muscle is considered as a vestigial elongation of triceps brachial muscle with whom can be joined, and is also questioned its action as extensor of the elbow. Material and method: 20 superior members of Department of Anatomy of Federal University of Pernambuco – Universidade Federal de Pernambuco - UFPE were dissected with the aim of to analyze the form and measure the physiological transversal section area (PTSA) of anconeus estimating its functional characteristic. Results: The anconeus muscle is a pennate muscle, individualized, with short muscular fibers in relation to its size. Discussion: The functional characteristic of anconeus estimated by the PTSA and the length of its muscular fibers are from a muscle more related to strength than excursion.

Key Words: Anconeus, muscular architecture, pennate muscle, physiological transversal section area.

INTRODUCTION

The anconeus muscle, although shows peculiar characteristics, there are scarce data in the literature about it, which considers this muscle as a vestigial elongation of triceps brachial muscle with whom can be joined (Testut, 1975; Gray, 1988; Platzer, 1988; Moore, 2001), however, the subject is controversial, because there are relates about its individuality (Hora, 1959). The anconeus is a triangular muscle, whose tendon starts in the lateral epicondyle of humerus and its fibers insert in the lateral face of olecranon and in the superior quarter of posterior surface of the end of the ulna (Cunningham, 1949; Dallalana, 1985; Abrahamsson, 1987; Gardner, 1988; Ashworth, 1990; Kennett, 1993; Dângelo, 2000). To a better understanding of the anatomy of this muscle is important to study its architecture, which is a primary determinant of muscular function (Lieber, 2000; Abrams, 2005). To understand the relation between the structure and the function by the muscular architecture and determines when a muscle is fusiform or pennate have a very practical importance (Lieber, 2001). Besides this classification, the physiological transversal section area is an important date in the macroscopic and morphological study because indicates the functional characteristic of the muscle (Lieber, 2000 e 2001). The aim of this study is to determine the physiological transversal section area of anconeus muscle and estimates its functional characteristic.

MATERIAL AND METHOD

20 superior members, fixed in phormol were dissected using: scissors, clamp, bistoury and gloves.

To calculate the physiological transversal section area (PTSA cm²) we used the equation described in the works of Chleboun, 1997 and Lieber, 2001:

$$PTSA = \frac{m \times \cos \theta}{\rho \times lf}$$

After disinsert the anconeus of 3 members previously dissected, it was realized the weighing of it in a digital scale Mettler Toledo, model AL204 with maximum accuracy of 210g and minimal accuracy of 0,01g to obtain its mass (m). The density of anconeus (ρ) considered for the calculation of PTSA is based on the work of Ward (2005) which measured the density of human muscular tissue fixed in phormol by immersion resulting in a constant $\rho=1,112$ g/cm³. The pennation angle (θ), of anconeus of 7 healthy adults was measured at rest and in isometric contraction at an angle of 90° and almost 180° of extension of the elbow. The measurement was realized based on the images of an Ultrasound Logiq 500 Pro Series GE, linear transducer 11MHz. The method of measurement of the pennation angle is based on the works of Lieber, 2001; Karamanidis, 2005; Morse, 2005; Finni, 2006. Afterwards the muscular fibers of anconeus were separated into 3 portions according to its orientation, measuring the length of a set of fibers of each portion and using the total average of these lengths in centimeters to determine the length of the muscular fiber (lf) of the

muscle. This procedure is based on the fact that a set of 10 to 100 fibers can be used to estimate the length of the muscular fiber (Lieber, 2001).

RESULTS

a)The form of the muscle: The anconeus is a pennate muscle, frequently unipennate, which shows a triangular form, with fibers that emerge throughout its tendon (fig. 1):



Fig. 1. Figure of one the dissections of anconeus.

b) The physiological transversal section area (PTSA):

- Length of muscular fiber (table I): Dividing the muscle into portions, according to the orientation of muscular fibers, there are the proximal fibers which show an average length of 2,2cm; the medial fibers which show an average length of 3,0cm and the distal fibers with an average length of 2,2cm. The total average length of the fibers of anconeus found in the 15 dissected members was 2,5cm (the highest average value found was 3,2cm and the less average value was 1,8cm).

Table I. Average of lengths of muscular fibers of anconeus in each portion and the total average. The V.I is the variation interval, that is, the difference between the highest and the less observed value. * indicates the highest values and • indicates the less values.

Muscle	Proximal Fiber	Medial Fiber	Distal Fiber	Terminal Fiber	Total Average
A1	2,0	2,7	2,0	2,5	2,3
A2	2,3	3,2	2,0	2,5	2,5
A3	2,5	3,2	2,0	2,5	2,5
A4	3,0*	2,7	2,0	3,5	2,8
A5	1,7	2,7	2,2	3,0	2,4
A6	2,2	3,0	2,5	1,5•	2,3
A7	2,0	3,0	2,1	2,0	2,2•
A8	2,3	3,0	2,0	4,0*	2,8
A9	2,5	2,7	2,0	2,2	2,3
A10	2,2	2,7	1,8	2,5	2,3
A11	2,5	3,3	2,5	3,0	2,8
A12	1,5•	2,5•	1,5•	4,0*	2,3
A13	2,5	4,2*	2,7	3,0	3,1*
A14	2,5	3,7	3,5*	3,0	3,1*
A15	2,0	3,0	2,5	1,7	2,5
$X \pm dp$	2,2 \pm 0,3	3,0 \pm 0,4	2,2 \pm 0,4	2,7 \pm 0,8	2,5 \pm 0,3
V.I.	3,0-1,5	4,2-2,5	3,5-1,5	4,0-1,5	3,1-2,2

In the proximal fibers the highest value found was 3,0 cm and the less was 1,5 cm. In the medial fibers the highest value found was 4,2 cm and the less was 2,5 cm and in the distal fibers the highest value found was 3,5 cm and the less was 1,5 cm. In the terminal fibers the highest value found was 4,0 cm and the less was 1,5 cm.

- Weight of anconeus: 3 anconeus were disinserted and weighed - 9,07g; 4,35g and 3,28g – the average of weight was 5,5g.

- Pennation angle of anconeus (θ): We verify the pennation angle of superficial muscular fibers of anconeus in the 7 volunteers from the images of the

ultrasound. To realize this measurement we took the strength generation axle as reference. The measurement of the pennation angle was realized in contraction at an angle of 90° and at rest (table II). We observed that during the muscular contraction the pennation angle increases and the fibers become less inclined in both positions.

Table II. Pennation angle of 7 volunteers.

Volunteer	Angle of 90° Rest	Angle of 90° contraction
1	20°*	22°*
2	14°	18°
3	12°.	18°
4	12°.	14°.
5	12°.	14°.
6	14°	16°
7	12°.	14°.
X ± dp	13,7°±2,9°	16,5°±2,9°
V.l.	20°-12°	22°-14°

From this data the physiological transversal section area can be calculated: $PTSA = \frac{m \times \cos \theta}{\rho \times lf}$ (cm²) OBS: cos 14 = 0,97 Flexion at rest: PTSA

$$(\text{cm}^2) = PTSA = \frac{5,56 \times \cos 14}{1,112 \times 2,5} \quad PTSA = 1,93 \text{ cm}^2$$

The table III shows the architectural properties of anconeus including the relation between the length of muscular fiber (Lf) and the length of muscle (Lm). According to Lieber (2001) the length of muscle is the measurement between the more proximal origin of the muscle and its more distal insertion. This reason

is an indicative that the design of the muscle is more for excursion – when $L_f/L_m = 1$, that is, when the length of muscular fiber is the same length of the muscle, than when the value of this reason is the half or less than 1 – $L_f/L_m = 0,5$ or $L_f/L_m < 0,5$ – (Abrams, 2005; Morse, 2005). In the case of anconeus this reason was 0,30.

Table III. Properties of the architecture of anconeus. L_m is the length of muscle and L_f is the length of fiber in cm; PTSA in cm^2 ; θ is the pennation angle.

Muscle	Mass (g)	Lenght Muscle (L_m)	Lenght Fiber (L_f)	θ	PTSA	L_f/L_m
Ancôneus	5,56	8,2	2,5	14°	1,93	0,30

DISCUSSION

The form of anconeus diverges from the majority of the illustrations found (fig. 2), what allowed us to identify muscular fibers with different orientations and lengths. The length of muscular fiber is proportional to the capacity of excursion of the muscle and the physiological transversal section area is proportional to the maximum of muscular strength. Muscles like the gracilis, the sartorius and the semitendinous show long muscular fibers and short physiological transversal section area what allows high excursion and short strength. On the other hand, the soleus muscle has a high physiological transversal section area and short fibers indicating high capacity of strength generation and short excursion.



Fig. 2. (Modified from Prometheus, 2006): Schematic representation of anconeus.

According to our data, the anconeus shows short muscular fibers (table I) in comparison to the length of muscle, about 3,5 times longer (table III). This relation between the length of muscular fiber and the length of the muscle is also an indicative of the functional characteristic of anconeus.

The anconeus is a pennate muscle (Hora, 1959) and its fibers show a medial pennation angle at rest in relation to the strength generation axle of $13,7^\circ$. Due to the pennation only one portion of muscular strength is transmitted to tendon. On the contrary to what happens to fusiform muscles, whose fibers have parallel orientation and all produced strength is transferred to the tendon (Lieber, 2001). Thus, for the anconeus the $\cos 14 = 0,97$, and so, it will transmit 97% of its strength to the tendon. Although there is a small loss in the transmission of the strength to the tendon, this is compensated for the higher physiological transversal section area and consequent increase of strength.

Although the muscle is described as short and flat (Testut, 1975), the anconeus does not insert only in the posterior end of the ulna. Its insertion

extends along all posterior face of this bone which measures, on average, 1,2 cm and occupies an area of 9,36cm². Although the muscular fibers of anconeus are really short in relation to other muscles, the arrangement of its fibers makes the anconeus occupies about 31,7% of the ulna.

In conclusion, we believe that the anconeus is not a small muscle, residual or accessory, like many times the literature affirms, but a pennate muscle with short muscular fibers. This architectural arrangement indicates the functional characteristic of the muscle, which is the production of strength, whose main function is probably the stabilization of the articulation of the elbow.

References:

19. Abrahamsson, S. et al. Lateral elbow pain caused by anconeus compartment syndrome. *Acta Orthop. Scandinavian*. 58 (5): p. 589-91, 1987.
20. Abrams, Geoffrey D. et al. Pronador teres is an appropriate donor muscle for restoration of wrist and thumb extension. *The Journal of Hand Surgery*. 1, p. 1068-1073, 2005.
21. Ashworth, Clarice; Jacob, Stanley W.; Lossow, Walter J. *Anatomia e fisiologia humana*. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p.153 e 171,1990.
22. Chleboun, G.S.; Patel, T.J.; Lieber, R.L. Skeletal muscle architecture and fiber-type distribution with the multiple bellies of the mouse extensor digitorum longus muscle. *Acta Anatomica*. 159, p. 147-155, 1997.
23. Cunningham, D. J. *Anatomia humana*. Tomo 1. Manuel Marin, editor, p. 531, 532 e 533, 1949.
24. Dallalana, Eurys M. et al. *Anatomia para educação física*. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora cultura médica, p. 190, 1985.
25. Dângelo, José Geraldo; Fattini, Carlo Américo. *Anatomia humana sistêmica e segmentar*. 2 ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2000.
26. Finni, T. Structural and functional features of human muscle-tendon unit. *Scandinavian Journal of Medicine e Science in Sports*. 16, p. 147-158, 2006.
27. Gardner, Ernest; Gray, Donald J.; O'rahilly, Ronan. *Estudo regional do corpo humano*. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 133, 1988.
28. Gray, Henry. *Anatomia*. 29 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 379, 386, 801 e 802, 1988.
29. Hora, Bianor da. *O "Musculus Anconeus" contribuição ao estudo da sua arquitetura e das suas funções*. Tese. Faculdade de Medicina da Universidade do Recife, 1959.
30. Karamanidis, K. et al. Inevitable joint angular rotation affects muscle architecture during isometric contraction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 15, p. 608-616, 2005.
31. Kennett, Robin P.; Fawcett, Peter R. W. Repetitive nerve stimulation of anconeus in the assessment of neuromuscular transmission

- disorders. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 89: 170-176, 1993.
32. Lieber, Richard L.; Friden, Jan. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve*. 33, p.1647-1665, 2000.
33. Lieber, Richard L.; Friden, Jan. Clinical significance of skeletal muscle architecture. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 383, p. 140-151, 2001.
34. Moore Keith L. *Anatomia orientada para a clínica*. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 643 e 644, 2001.
35. Morse, C.I. et al. Changes in triceps surae muscle architecture with sarcopenia. *Acta Physiologica Scandinavica*. 183, p. 291-298, 2005.
36. Platzer, Werner. *Atlas de anatomia humana: aparelho de movimento*. 3 ed. São Paulo: Editora Manole, p. 134 e 154, 1988.
37. Testut, L.; Latarjet, A. *Tratado de anatomia humana*. Tomo Primeiro. Salvat Editores S.A., p. 1055 e 1056, 1975.
38. Ward, S.R.; Lieber, R.L. Density and hydration of fresh and fixed human skeletal muscle. *Journal of Biomechanics*. 38, p. 2317-2320, 2004.
39. Prometheus. *Atlas de anatomia: anatomia geral e aparelho locomotor*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 272, 2006.

Anexo F

Figuras das vinte dissecções realizadas.







