

---

# BASES ANATOMO-FISIOLÓGICAS DA MOTRICIDADE DE NÍVEL SEGMENTAR

## I — EFETORES E RECEPTORES

ABRÃO ANGHINAH \*

### EFETORES

O músculo é o efetor comum para todos os tipos de motricidade, contraindo-se sob influência de variados estímulos.

Segundo Testut<sup>19</sup>, há discordância entre os anatomistas quanto ao número total de músculos esqueléticos: 368 para Chaussier; 346 para Theile e 501 para Sappey. Isto se deve ao fato de que alguns autores dissociam certos músculos em partes, enquanto outros associam os vários corpos de um mesmo músculo. Para McKenzie (cit. por Adams e col.<sup>1</sup>) o número total de músculos seria de 434: 75 pares seriam responsáveis pela manutenção das posturas e movimentos gerais do corpo; os restantes tomariam parte em atos motores especiais, tais como a produção da voz, a mastigação, a deglutição, a mímica e os movimentos dos globos oculares.

*Conformação externa* — A variabilidade da forma dos músculos permite classificá-los em: *longos* (músculos dos membros); *largos e chatos* (músculos das paredes do tórax e abdome); e *curtos* (músculos periarticulares e das goteiras da coluna vertebral).

A disposição das fibras musculares e o modo pelo qual se unem aos tendões têm importância no mecanismo dos movimentos. Distinguem-se três tipos principais quanto à disposição das fibras musculares: *a) longitudinal*, com fibras paralelas que percorrem o músculo em direção perpendicular à do tendão no qual se inserem (músculos largos do abdome); *b) peniforme*, na qual as fibras, com direção oblíqua, dispõem-se lateralmente aos tendões em angulação variada; *c) fusiforme*, na qual as fibras se dispõem ao longo do maior eixo do músculo, percorrendo-o de uma a outra de suas extremidades (músculo extensor curto radial do carpo). O tipo peniforme pode apresentar

---

Trabalho da Clínica Neurológica (Prof. Adherbal Tolosa) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

\* Médico Assistente.

os seguintes subtipos: unipenado, ou semipeniforme, quando as fibras se implantam em um dos lados do tendão (músculo tibial posterior); bipenado, ou penado pròpriamente dito, quando as fibras convergem para o tendão em ambos os seus lados (músculo reto anterior do fêmur); multipenado, quando as fibras divergem para vários tendões (músculo deltóide).

O grau de encurtamento de um músculo no momento da contração depende do comprimento de suas fibras, sendo a fôrça de contração proporcional ao número de fibras que o constituem. Isto pôsto, imaginemos dois músculos *A* e *B* com o mesmo volume, sendo que, no músculo *A* as fibras musculares são três vêzes mais longas e três vêzes menos numerosas que no músculo *B*. Durante a contração, o segundo músculo (*B*) encurtará três vêzes menos que o primeiro (*A*) mas, por outro lado, desenvolverá fôrça três vêzes superior, isto é, deslocará carga tríplice. Do ponto de vista da mecânica motora, a disposição das fibras musculares é mais importante que o volume do músculo. Dentro dêstes princípios básicos as fibras musculares se dispõem de forma a possibilitar rendimento máximo: assim, um músculo cuja função principal é produzir deslocamento de segmentos corporais possui fibras longas dispostas longitudinalmente, ao passo que outro cuja função principal é desenvolver fôrça para fixação de atitudes segmentares tem fibras curtas dispostas obliquamente.

*Origem e inserção* — Os músculos fixam-se por suas extremidades nos pontos de “união” ou de “inserção”, geralmente em duas ou mais peças ósseas. Alguns fixam-se em outros tecidos tais como: pele (músculos da face), mucosas (músculos da língua) e aponeuroses ou sinoviais (músculo tensor da fâscia lata). Outros fixam-se por uma das extremidades em parte óssea e, pela outra, em órgão que deve ser movimentado (músculos motores do globo ocular). Anatomistas alemães (cit. Testut<sup>19</sup>) distinguem a “inserção de origem” da “inserção terminal”, considerando a primeira como a extremidade do músculo mais próxima do eixo mediano do corpo; nesse sentido também são usadas as denominações de “inserções superior e inferior” ou “inserções proximal e distal”.

Êste conceito, puramente anatômico, suscitou controvérsias, já que o músculo, ao se contrair, aproxima as peças nas quais se insere. Por isso os anátomo-fisiologistas passaram a considerar como “origem” o ponto de união do músculo à peça que menos se desloca — peça fixa — e de “inserção” à extremidade ligada à parte móvel. Entretanto, qualquer dos pontos de união de um músculo poderá atuar como fixo; por isso, para determinar a origem e inserção de um músculo é necessário conhecer o movimento que êle executa em determinado momento. Assim, o músculo ileo-psoas quando se *fixa* (origem) no fêmur, *flete* a coluna vertebral (inserção); e ao contrário *fixando-se* na coluna vertebral (origem), êle *flete* a coxa.

*Estrutura macroscópica* — Os músculos são constituídos de fibras que variam em número, comprimento e espessura. Segundo cálculos de Elftmann (cit. por Fulton<sup>9</sup>) existem cêrca de 250 milhões de fibras musculares; o comprimento das fibras musculares, segundo Lockhart e Brandt (cit. Harrison<sup>11</sup>) varia de 1 mm (músculo *stapedius*) a 34 cm (músculo *sartorius*),

sendo as menores encontradas em músculos que intervêm em movimentos delicados; para Christensen (cit. Harrison<sup>11</sup>) a espessura varia entre 10 e 150 micra.

As fibras musculares, envoltas por tecido conjuntivo (endomísio), dispõem-se paralelamente entre si e reúnem-se em feixes. Cada feixe, compreendendo de 10 a 300 fibras, é envolvido por tecido conjuntivo (perimísio) e constitui um fascículo; vários fascículos reunidos e recobertos por tecido conjuntivo (epimísio), constituem um músculo.

O tecido conjuntivo é o arcabouço do músculo e permite que o estiramento exercido pelas fibras musculares seja aplicado efetivamente.

*Estrutura microscópica* — Cada fibra muscular é uma célula (miócito) com vários núcleos e grande número de miofibrilas no seu citoplasma, tudo envolto por uma membrana, o sarcolema.

Os numerosos núcleos da fibra muscular, contendo 1 a 3 nucléolos, têm forma oval ou arredondada, espessura variável de 1 a 3 micra e comprimento de 5 a 15 micra; situam-se nas proximidades do sarcoplasma e orientam-se no sentido do longo eixo da fibra.

O citoplasma contém glicogênio muscular, grânulos de lipoproteínas, retículo e miofibrilas.

A quantidade de citoplasma varia nas espécies e nos diferentes músculos de animais da mesma espécie. Varia também quanto à ação muscular, já que nos músculos de atividade constante (músculos oculares, mastigadores e da respiração), sua quantidade é maior que nos de contração rápida e fadiga precoce (músculos interósseos e lumbricais). Por esse motivo Knoll (cit. por Adams e col.<sup>1</sup>) classificou os músculos em dois grupos: ricos e pobres em citoplasma, sendo os ricos mais escuros que os pobres. Ulteriormente, Ranvier (cit. por Lockhart<sup>15</sup>) estudando músculos de coelhos, verificou que o citoplasma das fibras mais escuras continha grande quantidade de "mioglobina" ou "miohemoglobina", pigmento responsável por sua coloração vermelha, enquanto as fibras claras, além do citoplasma reduzido, continham pouca mioglobina. Por outro lado, Adams e col.<sup>1</sup> verificaram que as fibras vermelhas possuem maior quantidade de citocromo e Björck (cit. por Adams e col.<sup>1</sup>) demonstrou que a "mioglobina" é pigmento com propriedades gerais semelhantes às da hemoglobina. A origem da mioglobina é desconhecida, sendo pouco provável que derive da hemoglobina sanguínea, formando-se, possivelmente, no interior da própria fibra muscular.

Copenhaver e Johnson (cit. por Harrison<sup>11</sup>) constataram que a fibra vermelha possui limiar de excitabilidade maior que o da branca e que sua contração é lenta, podendo permanecer contraída durante período de tempo maior.

Estas observações permitiram distinguir dois tipos de músculos estriados: a) os *vermelhos* armazenam mais mioglobina e têm elevada capacidade para fixação de oxigênio, o que lhes confere maior aptidão para contrações prolongadas que tendem a produzir isquemia, como ocorre nas que visam à manutenção de posturas; b) os músculos *pálidos* ou *brancos* têm pouca mioglobina, fixam pouco oxigênio e são destinados a contrações rápidas.

No homem, os músculos estriados são mistos, contendo quantidades variáveis de fibras vermelhas e pálidas, na dependência de sua função: os músculos extensores dos membros inferiores têm proporção maior de fibras vermelhas, devido a seu trabalho de manutenção da postura ereta. Bach<sup>2</sup> comprovou experimentalmente êste fato ao transplantar músculos vermelhos para realizar o trabalho de músculos pálidos, verificando que aquêles adquiriam as características dêstes últimos.

As *miofibrilas*, dispostas em sentido longitudinal, são os componentes mais importantes do citoplasma dos miócitos; bastante numerosas (5 a 36 para cada fibra), as miofibrilas de músculos de animais vertebrados têm cêrca de 0,5 a 1,0 mícron de espessura. Hurthle (cit. por Adams e col.<sup>1</sup>) verificou que as miofibrilas contêm partículas escuras de forma alongada e cilíndrica (bastonetes) dispostas em fileira e ligadas entre si por substância mais clara; para Hall e col. (cit. por Adams e col.<sup>1</sup>) os bastonetes ou miofilamentos têm 0,005 a 0,025 mícron de espessura e sua composição é semelhante à da miosina; Szent Gyorgyi<sup>18</sup> demonstrou que a miosina extraída por Kühne de macerados musculares e considerada como elemento contrátil é, na realidade, composta de duas proteínas, actina e miosina, na proporção aproximada de 1:3.

A estrutura da fibra muscular, bem como outros dados referentes a sua organização, foram revistos por Buchtal e Kaiser (cit. por Woodbury e Ruch<sup>20</sup>).

Observações mediante microscopia com luz polarizada e microscopia electrónica demonstram que existe estreito paralelismo estrutural das unidades e subunidades da fibra muscular, isto é, que as fibrilas (encontradas no interior da fibra), os miofilamentos (que são bastonetes de actina e miosina encontrados no interior das fibrilas) e as longas moléculas de proteínas no interior dos filamentos têm, todos, disposição longitudinal.

Krause (cit. por Adams e col.<sup>1</sup>) verificou que a fibra muscular é constituída por estriações cruzadas nas quais distinguiu uma zona clara (*J*) e outra escura (*Q*); no interior da zona clara (*J*) há uma linha escura, estria *Z* (*Zwischenscheibe*), dividindo-a em partes iguais e, na zona escura (*Q*), uma linha clara, estria *M* (*Mitelscheibe*) ou estria *H* (homenagem a Heuse, que primeiro a descreveu). A fibra muscular seria assim dividida em pequenos compartimentos, ou seja, a porção da fibra localizada entre duas estrias *Z* corresponderia à menor porção do músculo capaz de se contrair: unidade contrátil ou sarcômero.

Êste aspecto se inverte quando a fibra é examinada mediante microscópio com luz polarizada: as zonas ou discos claros e escuros, que se alternam regularmente, resultam do maior ou menor índice de refração das substâncias do interior da fibra; a zona *J* corresponde à zona *I* (isotrópica), que é mais clara e dividida por uma estria de maior densidade (estria *Z*); a zona *Q* corresponde à zona *A* (anisotrópica), mais escura e dividida por uma linha de menor densidade (linha *M* ou *H*).

O modelo mais recente de estrutura do sarcômero foi descrito e proposto por Huxley e Niedergerke<sup>12</sup> que, mediante microscopia electrónica, verificaram a existência de dois tipos de miofilamentos: um com 100 Å de espessura e 1,5 mícron de comprimento (miosina) e outro com 50 Å de espessura e 2

micra de comprimento (actina). Em secção transversal, cada filamento grosso é cercado por três filamentos delgados e, em secção longitudinal, os dois tipos de filamentos se superpõem em parte. Partindo desses achados foi proposto um modelo estrutural (fig. 1) que facilita o entendimento do mecanismo íntimo da contração muscular.

O mecanismo íntimo mediante o qual o músculo diminui seu tamanho constitui assunto controverso.

Szent-Gyorgyi<sup>12</sup> reproduziu *in vitro* o fenômeno da contração muscular adicionando extrato de músculo macerado à actomiosina; do extrato isolou o ácido adenosintrifosfórico (ATP), considerando-o como principal responsável

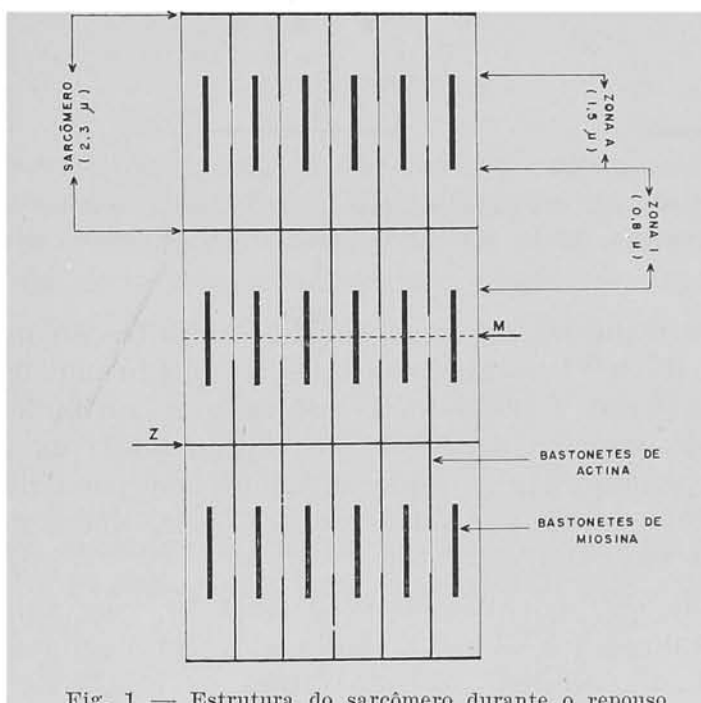


Fig. 1 — Estrutura do sarcômero durante o repouso muscular, segundo Huxley e Niedergerk<sup>12</sup>. A zona A (anisotrópica) é mais escura e a zona I (isotrópica), mais clara: na zona A (filamentos grossos e finos superpostos) existe uma área menos densa, no meio da qual há uma estria pálida (linha M); na zona I (filamentos finos) existe uma estria de dupla refração (linha Z). O sarcômero ou unidade contrátil está compreendido entre duas estrias Z.

pela contração muscular. O mecanismo da contração passou a ser explicado da seguinte forma: nas miofibrilas em repouso os filamentos de actina e miosina guardam entre si uma certa distância graças a potenciais elétricos de repulsão em equilíbrio estável (grupos carboxílicos negativos em equilíbrio com íons potássio); após estimulação, rompe-se o equilíbrio elétrico e a actina se une à miosina, formando actomiosina que, por sua vez, em presença do ATP, se contrai.

Partindo do modelo estrutural descrito por Huxley e de investigações realizadas mediante a implantação de microelectródios na fibra muscular, passou-se a admitir o seguinte mecanismo para a contração muscular: no estado de repouso os filamentos de actina e de miosina estão em paralelo e com suas extremidades imbricadas; durante a contração e descontração muscular

os filamentos deslizam uns sobre os outros, aumentando ou diminuindo o grau de imbricamento; na contração máxima os filamentos praticamente se superpõem (fig. 2).

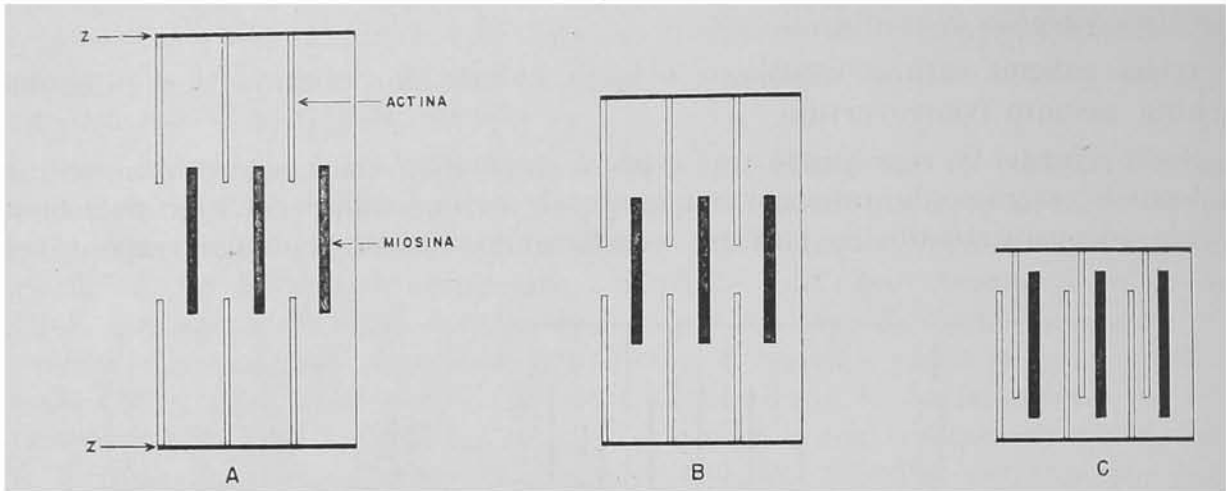


Fig. 2 — Imbricamento dos miofilamentos proteicos no sarcômero: em A, músculo em repouso; em B, contração média; em C, contração máxima.

Quanto às manifestações elétricas durante a contração muscular, Hill (cit. por Woodbury e Ruch<sup>20</sup>) estabeleceu que a membrana da fibra muscular (sarcolema) em repouso é isoeétrica; durante a estimulação há troca de cargas negativas do interior da fibra por cargas positivas externas, ou seja, despolarização da membrana, gerando diferença de potencial — *corrente de ação* — responsável, direta ou indiretamente, pela liberação da acetilcolina, ativadora da fibra muscular.

Segundo Huxley (cit. por Woodbury e Ruch<sup>20</sup>), concomitantemente à despolarização da membrana, a estria Z que a ela está ligada na zona I também se despolariza e a acetilcolina liberada altera as condições de equilíbrio dos filamentos de actina próximos às estrias Z, do que decorre a ativação do mecanismo contrátil, isto é, um estado de pré-contração; em presença de ATP, o equilíbrio elétrico entre os filamentos se rompe e êstes deslizam uns sobre os outros, imbricando-se na contração de intensidade média e superpondo-se na contração máxima.

Durante a contração muscular ocorrem alterações estruturais, elétricas, químicas e térmicas visando a produzir energia (tensão ou força), empregada para deslocar (encurtamento) ou para manter (sustentar) um segmento corporal.

A tensão exercida pelo músculo nos pontos de inserção é geralmente elevada. Woodbury e Ruch<sup>20</sup> afirmam que a tensão do músculo tríceps sural corresponde a 4 a 6 vezes o peso total do corpo, respectivamente, quando um indivíduo anda ou corre. Para Fick (cit. por Woodbury e Ruch<sup>20</sup>), o músculo glúteo do homem pode exercer tensão equivalente a cerca de 140 libras; se todos os músculos do corpo humano, representando um total de cerca de  $2,7 \times 10^8$  fibras musculares, exercessem sua ação em um sentido único, poderiam desenvolver tensão equivalente a 25 toneladas.

A contração muscular pode deslocar os pontos de inserção, aproximando-os e determinando movimento articular (contração concêntrica ou isotônica), man-

ter equidistantes os pontos de inserção, fixando segmentos (contração estática ou isométrica) ou permitir que o músculo se alongue apesar de resistir ao estiramento (contração excêntrica ou de alongamento). Num movimento complexo os três tipos de contração podem ocorrer de modo concomitante ou sucessivo. Assim, ao segurar-se um copo, a contração do músculo bíceps braquial é isométrica (a tensão do bíceps é igual ao peso do antebraço acrescido do peso do copo e do líquido); ao deslocar o antebraço no sentido de levar o copo à boca, a contração é isotônica (a tensão do bíceps vence a resistência oposta pelo peso do antebraço e do copo com o líquido); quando o copo é recolocado sobre a mesa, a contração é excêntrica ou de alongamento (o peso do antebraço e do copo, bem como a ação do músculo tríceps braquial, que se contrai, são maiores que a tensão do bíceps e, por isso, este se alonga).

### RECEPTORES

O músculo esquelético possui vários tipos de receptores: o fuso muscular (FM), o órgão tendíneo de Golgi (OT), o corpúsculo de tipo Golgi-Mazzoni e a terminação nervosa livre. Dêstes, só os dois primeiros têm interesse porque recebem os estímulos relativos ao estado de tensão e estiramento muscular.

*Fusos musculares* — O FM foi pela primeira vez observado por Miescher em 1848 (apud Harrison<sup>11</sup>); Weismann considerou-o como músculo embrionário e Kühne denominou-o “fuso muscular” (1863); Kerschner (1888) admitiu que o FM era órgão sensitivo. Foi, entretanto, Sherrington quem comprovou que o FM é um órgão sensitivo e Ruffini descreveu sua estrutura de forma detalhada. Fulton e Pi-Suñer (cit. por Harrison<sup>11</sup>) introduziram os conceitos da disposição em paralelo para os FM e em série para os OT, enquanto, em 1933, Matthews<sup>17</sup> demonstrou que as descargas dos FM eram induzidas pelo estiramento do músculo.

Foi a partir de 1945 que os estudos sobre a anatomia-fisiologia do FM tomaram impulso, depois que Leksell (cit. por Kuffler e col.<sup>14</sup>) descreveu as fibras de menor diâmetro, provindas de pequenas células motoras das pontas cinzentas anteriores da medula, que se dirigiam para as fibras musculares intrafusais, salientando sua importância na regulação da sensibilidade e tensão intrafusais.

Barker (cit. por Crosby e col.<sup>8</sup>) verificou que o FM é constituído por cápsula de tecido conjuntivo com alguns milímetros de espessura, contendo em média 2 a 10 fibras musculares intrafusais, terminações de fibras sensitivas e terminações de fibras motoras. As fibras musculares intrafusais inserem-se pelas extremidades ao tecido conetivo dos pólos da cápsula, dela separadas por espaço que contém líquido semelhante à linfa (fig. 3). Tiegs (cit. por Harrison<sup>11</sup>), mediante o exame de músculos de vertebrados, constatou que a estrutura do FM é tanto mais complexa quanto mais elevada for a localização do animal na escala filogenética: o peixe é desprovido de fusos; a salamandra tem fusos rudimentares e não encapsulados; répteis e batráquios possuem fusos rudimentares encapsulados; nos mamíferos o fuso atinge o máximo de complexidade estrutural.

O número de fusos varia de acôrdo com a atividade muscular, sendo maior nos músculos sujeitos a maior estiramento e nos que participam de movimentos delicados. Schulze e Voss (cit. por Harrison<sup>11</sup>) calculam em cêrca de 80 o número de FM do abdutor curto do polegar (29,3 fusos por grama de músculo) e em 368 o número de FM para o grande dorsal (1,3 fusos por grama de músculo); acreditam êstes autores que o oblíquo capitis superior é, dos músculos do corpo humano, o mais rico em FM.

Os FM dispõem-se paralelamente em relação às fibras musculares; segundo Cöers e Durand<sup>6</sup>, no adulto medem cêrca de 2 a 20 mm de comprimento e 1,5 a 4,0 mm de espessura; seu tamanho varia com a idade e com o comprimento do músculo.

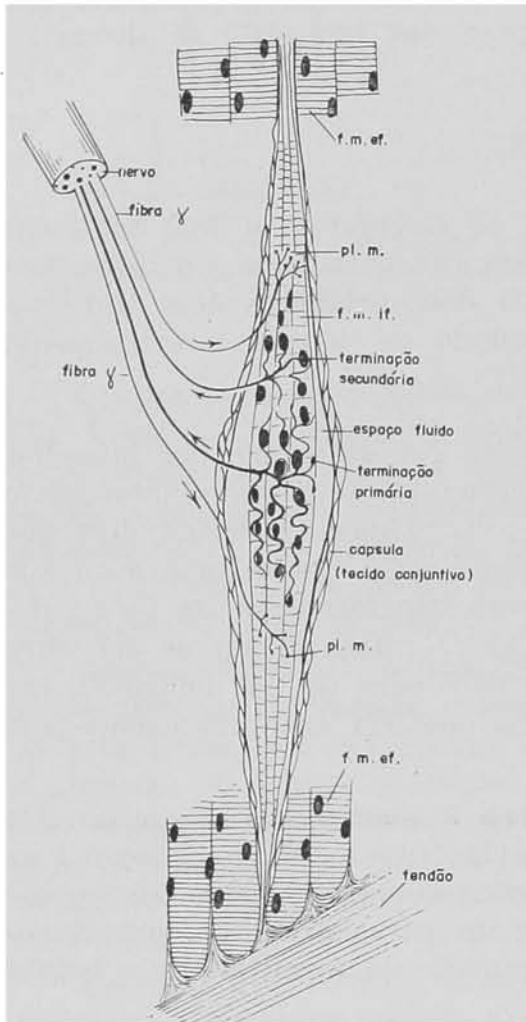


Fig. 3 — Estrutura do fuso muscular (apud A. Brodal<sup>5</sup>). Legenda: f.m.ef., fibra muscular extrafusais; f.m.if., fibra muscular intrafusais; pl. m., placa motora.

Segundo Boyd<sup>4</sup> a secção transversa do fuso ao nível do saco linfático (zona mais espessa) revela por fora as fibras musculares extra-fusais (FMEF); logo abaixo o anel de tecido conjuntivo no interior do qual está o espaço linfático; no centro, estruturas circulares escuras que são os núcleos das fibras musculares intrafusais (FMIF). Umhas fibras são longas (cêrca de 8 mm) e têm núcleos conglomerados e outras são curtas (cêrca de 4 mm) e têm núcleos dispostos em cadeia. As FMIF são estriadas nos pólos do FM (porção contrátil), estriação esta que tende a desaparecer na zona equatorial ou dos miofibrilos (porção não contrátil). A espessura das FMIF também difere: as com núcleo conglomerado ou fibras longas medem 25 micra de espessura e as de núcleo em cadeia ou fibras curtas 12 micra. As FMIF longas têm coloração mais escura que as curtas, o que decorre do fato de que, nas fibras longas, o número de miofibrilos é maior e a disposição é uniforme. O comportamento dos dois tipos de FMIF difere após a desnervação; assim, após a secção da raiz anterior, Boyd verificou que as fibras longas atrofiam pouco, enquanto as curtas e as extrafusais rápida e intensamente; as diferenças entre os dois tipos de fibras intrafusais se acentuam após a desnervação.

Quanto à inervação, (fig. 4) os fusos têm terminações aferentes ou sensitivas denominadas, segundo sua forma, de anuloespiral — terminação primária — e buquês — terminação secundária; cada fuso muscular possui uma única terminação sensitiva primária e várias terminações secundárias; estas últimas podem não existir em “fusos simples” embora êstes tenham os dois tipos de FMIF; pode existir só uma terminação secundária ou um número



superior, até o limite máximo de cinco; comumente encontram-se duas terminações secundárias dispostas de cada lado da terminação primária ou ambas do mesmo lado.

As terminações primária e secundária são supridas por dois tipos diversos de fibras aferentes<sup>16</sup>: as fibras do grupo Ia com cêrca de 12 a 20 micra de

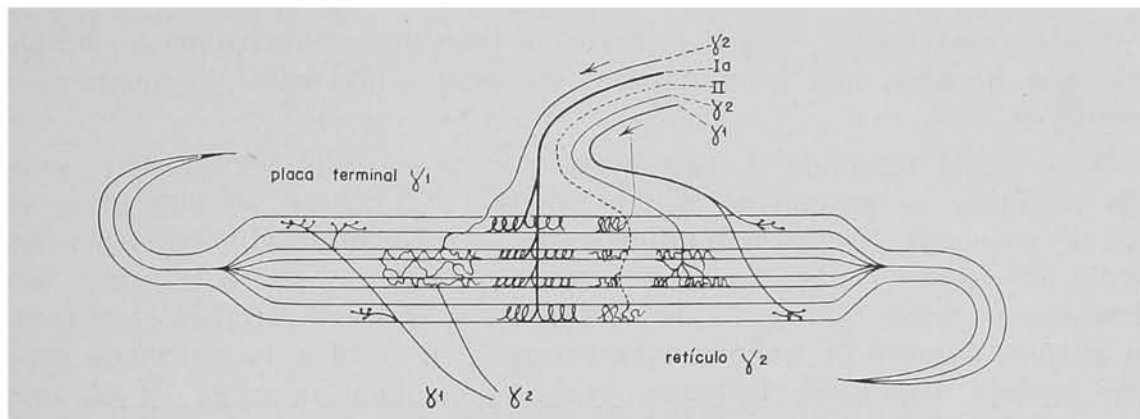


Fig. 4 — Inervação das fibras musculares intrafusais segundo Boyd<sup>3</sup>.  
Legenda:  $\gamma_1$ , fibra eferente gama-1;  $\gamma_2$ , fibra eferente gama-2; Ia, terminação sensitiva primária; II, terminação sensitiva secundária.

espessura e velocidade de condução em tórno de 120 m/seg., suprem as terminações primárias e raramente se ramificam; as fibras do grupo II com cêrca de 6 micra de espessura, suprem as terminações secundárias, sendo que na maioria das vêzes há uma relação de 1:1, podendo, entretanto, uma fibra suprir duas terminações secundárias de um mesmo fusão ou de fusões diferentes. As terminações primárias consistem em espirais, cada uma das quais envolve uma FMIF seja de núcleo conglomerado, seja de núcleo em cadeia; as fibras do grupo II, que conduzem informações provindas da terminação secundária, conetam-se só com fibras musculares de núcleo em cadeia.

A inervação motora das FMIF constitui ainda assunto controvertido. Cooper e Daniel<sup>7</sup> acreditam que existam tipos distintos de fibras motoras para os dois tipos de FMIF; Boyd, mediante a secção de raízes dorsais, verificou que, após a degeneração das terminações pelas dependentes, permaneciam intactos dois tipos de fibras no fusão muscular; estas desapareciam após a secção da raiz ventral. Concluiu Boyd que ambas as fibras motoras eram somáticas e foram por êle denominadas gama 1 (as maiores e com espessura de 3 a 4 micra) e gama 2 (as menores e com 0,5 a 1 mícron de espessura). As fibras gama 1 terminam em placas motoras das FMIF de núcleo conglomerado, situadas nas proximidades de seus pólos, de tal forma que a porção central ou zona equatorial não recebe inervação motora; as terminações das fibras gama 2 se conetam com as FMIF de núcleo em cadeia.

Estudos recentes mostraram que o estiramento muscular aumenta a tensão intrafusil e a descarga de estímulos, enquanto a contração muscular interrompe a estimulação, fazendo cessar a tensão do fusão muscular. Granit<sup>10</sup> verificou que, dentro de limites fisiológicos, o aumento de descarga do fusão muscular é proporcional ao estiramento do músculo e atua em sentido contrário, visando a manter constante o comprimento do músculo. Assim, durante o estiramento, o influxo resultante das variações de comprimento das formações anuloespirais dos fusões musculares atinge a medula espinal de onde

partem novos influxos que, pelos axônios  $\alpha$ , atingem as fibras extrafusais; em consequência, estas tendem a contrair-se, opondo-se ao estiramento proporcionalmente à intensidade dêste último. A contração muscular, diminuindo a distensão do fuso, interrompe os influxos originados na formação anulo-espiral.

*Órgãos tendíneos* — Êste receptor é estrutura relativamente simples, situado nos tendões, nas proximidades do local onde êstes se unem às fibras musculares.

Cada órgão tendíneo é constituído por numerosas terminações sensitivas (cujo conjunto se assemelha a um buquê) localizadas na superfície de um feixe de pequenos fascículos tendíneos, sendo o conjunto envolvido por delicada cápsula de tecido conjuntivo. A fibra nervosa que supre o órgão tendíneo (pertence ao grupo Ib) depois de atravessar a cápsula ramifica-se e conecta-se com grande número de buquês. As fibras Ib têm 10 a 12 micra de espessura e, no homem, conduzem influxos com a velocidade máxima de 65 m/s.

Cada músculo contém vários órgãos tendíneos e, no músculo solear do gato, por exemplo, existem cerca de 45 OT. No homem não foram realizadas contagens completas, mas é sabido que os OT são numerosos e encontram-se em tórno das origens e inserções dos músculos.

Os OT dispõem-se em série com os fusos musculares e as FMEF. O OT não recebe inervação eferente; é estrutura sensitiva que, mediante as fibras Ib, envia influxos para o sistema nervoso central.

Os OT são estimulados tanto pela tração como pela contração do músculo. Os estímulos resultantes tendem a inibir a contração quando a tensão é excessiva.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, R. D.; DENNY-BROWN, D.; PEARSON, C. M. — Diseases of muscle. Paul B. Hoeber Inc., New York, 1953.
2. BACH, L. M. N. — Conversion of red muscles to pale muscles. Proc. Soc. exp. Biol. 67:268-269, 1948.
3. BOYD, T. A. — The tenuissimus muscle of the cat. J. Physiol., 133:35-36P, 1956.
4. BOYD, T. A. — The morphology of muscle spindles and tendon organs. In C. A. Swinyard: The role of the gamma system in movement and posture. An. Crippled Children, New York, 1964, pág. 2-17.
5. BRODAL, A. — Spasticity: Anatomical aspects. Acta Neur. Scand. suppl. 3, 38:9-40, 1962.
6. COERS, C.; DURAND, J. — Données morphologiques nouvelles sur l'innervation des fuseaux neuromusculaires. Arch. biol. (Paris) 67:685-715, 1956.
7. COOPER, S.; DANIEL, P. M. — Muscle spindles in man; their morphology in the lumbricals and the deep muscles of the neck. Brain 86:563-586, 1963.
8. CROSBY, E. C.; HUMPHREY, T.; RAUER, E. W. — Correlative Anatomy of the Nervous System. Mac Millan Co., New York, 1962.
9. FULTON, J. F. — Physiology of the nervous system. Oxford University Press, London, 1943.
10. GRANIT, R. — Control de la motilidad, hipertonia y espasticidad. Acta. Neur. Latinoamericana 4:333-341, 1958.
11. HARRISON, V. F. — A review of skeletal muscle. Phys. Ther. Rev. 41:17-24, 1961.
12. HUXLEY, A. F.; NIEDERGERKE, R. — Structural changes in muscle during contraction and stretch and their structural interpretation. Nature (London) 173:971-973, 1954.
13. HUXLEY, H.; HAUSEN, J. — Nature (London) 173:973-976, 1954.
14. KUFFLER, S. W., HUNT, C. C.; QUILLIAM, J. P. — Function of medullated small nerve fibers in mammalian ventral roots: efferent muscle spindle innervation. J. Neurophysiol. 14:29-54, 1951.
15. LOSKHART, R. D. — The anatomy of muscles and their relation to movement and posture. In Bourne: Muscle. Academic Press, New York, I:i-61, 1960.
16. LLOYD, D. P. C.; CHANG, H. T. — Afferent fibers in muscle nerves. J. Neurophys. 11:199-208, 1948.
17. MATTHEWS, B. H. C. — Nerve endings in mammalian muscle. J. Physiol. (Lond.) 78:1-53, 1933.
18. SZENT-GYORGYI, A. — What we need to know about muscle. Neurology 8:68-71, 1958.
19. TESTUT, L. — Traité D'Anatomie Humaine. 7.<sup>a</sup> ed. em língua francesa. Vol. I, pág. 659-714, G. Doin, Paris, 1921.
20. WOODBURY, S. W.; RUCH, P. — Muscle. In Ruch, Patton, Woodbury e Tow: Neurophysiology. Saunders, Philadelphia, 1961, pág. 96-127.