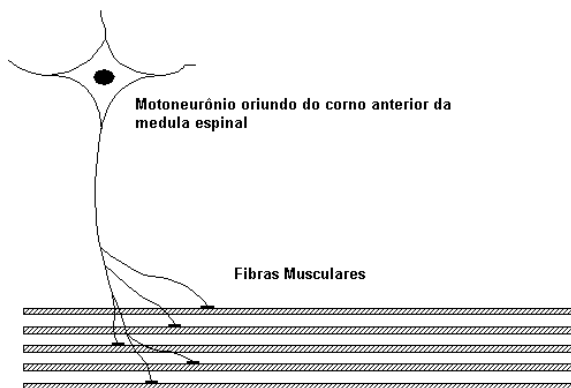


## As propriedades da fibra muscular e do motoneurônio: visão geral

Rafael J. F. G. Fachina

A unidade motora (figura 1), que representa a unidade funcional básica do sistema neuromuscular, consiste de um motoneurônio proveniente do corno anterior da medula espinal, seu axônio e as fibras musculares inervadas por ele (Enoka, 2005). O número de fibras musculares inervadas por um único axônio pode variar de dezenas a até milhares, mas em média ficam em torno de poucas centenas (Enoka, Fuglevand, 2001).



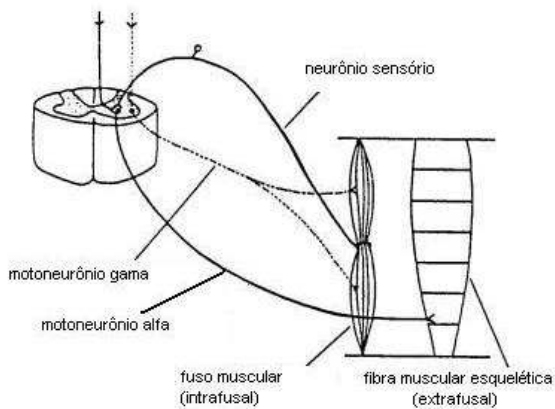
**Figura 1** – A unidade motora formada por um motoneurônio e as fibras musculares inervadas por ele.

Essas fibras musculares esqueléticas podem ser classificadas (ou tipadas) de diferentes formas, que podem ser baseadas na (i) atividade da enzima trifosfatase de adenosina (ATPase), no (ii) perfil metabólico e contrátil e na (iii)

composição da cadeia pesada de miosina (MHC) (Ishihara et al., 2003).

Quando a observação é focada na *atividade da enzima ATPase* (realizada após preincubações em diferentes pHs), as fibras podem ser classificadas como: **Tipo I** (lenta e resistente à fadiga), **IIA** (rápida e resistente à fadiga) ou **IIB** (rápida e fatigável). Um segundo sistema de classificação baseia-se no *perfil contrátil e metabólico das fibras*, podendo ser organizadas da seguinte maneira: **lenta oxidativa** (SO – *slow-twitch oxidative*), **rápida oxidativa glicolítica** (FOG – *fast-twitch oxidative glycolytic*) e **rápida glicolítica** (FG – *fast-twitch glycolytic*). Um terceiro sistema usa a eletroforese gel ou método imunohistoquímico para identificar diferenças moleculares na *composição da cadeia pesada de miosina* (MHC) das fibras. Foram identificadas quatro MHCs e estão correlacionadas com a velocidade contrátil, indo da mais lenta para a mais rápida, como mostrado a seguir: **MHC I**, **IIa**, **IIx** (II<sub>d</sub>) e **IIb**. É importante notar que muitas fibras contêm mais de uma MHC em sua composição (Pette, Staron, 1997).

Um outro componente da unidade motora é o motoneurônio. Os motoneurônios do corno anterior da medula espinal geralmente podem ser designados como motoneurônios- $\alpha$  (alfa) e  $\gamma$  (gama) (figura 2). Motoneurônios- $\alpha$  inervam fibras extrafusais que constituem a grande maioria das fibras de um músculo esquelético. Cada motoneurônio- $\alpha$  possui um único axônio que se ramifica para inervar uma quantidade variável de fibras no músculo esquelético formando a unidade motora. O grupo de motoneurônios que inervam um único músculo é coletivamente chamado de *pool motor* (Ishihara et al., 2003). Este é tipicamente composto por poucas centenas de motoneurônios, alcançando cerca de 100 para os músculos menores e aproximadamente 1000 para os músculos maiores (Enoka, 1995).



**Figura 2** – Motoneurônios  $\alpha$  e  $\gamma$  originados no corno anterior da medula espinal e inervando a fibra extrafusil e intrafusil, respectivamente.

As *unidades motoras* são normalmente categorizadas dentro de três tipos e são baseados em suas propriedades

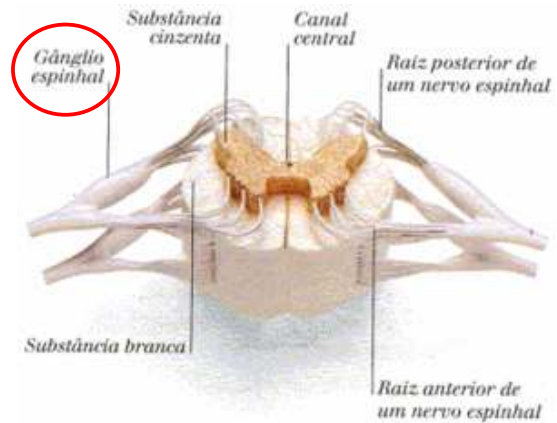
mecânicas: **lenta (S)**, **rápida resistente a fadiga (FR)** e **rápida fatigável (FF)**. Embora exista uma sobreposição entre os três tipos, unidades motoras S geralmente possuem axônios e motoneurônios menores, inervando menos fibras do que as unidades motoras FF. Registros eletromiográficos de uma única unidade motora indicam que as unidades motoras S são recrutadas primeiro e são ativadas durante muitos tipos de atividades, enquanto as unidades FF (e até certo ponto as FR) são recrutadas para atividades que exigem uma maior força e uma menor duração (Ishihara et al., 2003). Por exemplo, Roy et al. (2000) mostraram que unidades motoras S do músculo sóleo de ratos podem gerar em torno de 500.000 impulsos.dia<sup>-1</sup>, enquanto unidades motoras rápidas do tibial anterior podem produzir em torno de 3000 ou menos impulsos.dia<sup>-1</sup>.

Existe um outro tipo de motoneurônios, que são os motoneurônios- $\gamma$ . Estes são relativamente menores e inervam fibras intrafusais e tem a função de regular o comprimento e as propriedades tensionais dos fusos musculares. As taxas de disparo dos motoneurônios- $\gamma$  são bastante variáveis, isto é, alcançando entre 10–75 impulsos.s<sup>-1</sup>.

As propriedades metabólicas de ambos os motoneurônios como também dos neurônios sensoriais parecem estar

relacionadas com seus objetivos. Há uma relação inversa entre o tamanho do corpo celular e os níveis de atividade das enzimas oxidativas numa população de motoneurônios, sugerindo que motoneurônios- $\gamma$  e os motoneurônios- $\alpha$  menores (presumivelmente inervando fibras lentas de unidades motoras S) têm um potencial oxidativo mais elevado do que os dos motoneurônios que inervam as fibras rápidas de unidades motoras FF (Ishihara et al., 2003). Consistente com esta visão, sabe-se que motoneurônios- $\alpha$ , que estejam em *pools* motores inervando predominantemente fibras lentas, têm uma capacidade oxidativa mais elevada do que aqueles que inervam predominantemente as fibras rápidas, ainda que em se tratando de um mesmo músculo. Há também uma inter-relação entre o tamanho do corpo celular e nível de atividade metabólica enzimática com os neurônios sensoriais dos gânglios da raiz dorsal (figura 3). Em geral, o tamanho dos corpos celulares dos neurônios sensoriais pertencentes aos grupos I e II (fuso muscular, órgão tendinoso de Golgi,

entre outros) são relativamente maiores do que aqueles pertencentes aos grupos III e IV (mecanorreceptores, receptores de articulação, pele, entre outros). Neste caso, neurônios sensoriais maiores possuem uma maior atividade oxidativa enzimática do que neurônios sensoriais menores (Ishihara et al., 2003).



**Figura 3** – Gânglio da raiz dorsal ou posterior.

Em resumo, dentro da unidade neuromuscular parece haver uma semelhança entre tamanho e propriedades metabólicas de motoneurônios e as fibras musculares que eles inervam. Já dentro de uma dada população neuronal, a capacidade oxidativa parece ser maior nos elementos neurais sensoriais do que nos motores.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Enoka, RM. Morphological features and activation patterns of motor units. *J. Clin. Neurophysiol.* 1995;12:538-59,
- Enoka, RM, Fuglevand AJ. Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle Nerve* 2001;24:4-17.

Ishihara A, Roy RR, Ohira Y, Edgerton VR. Motoneuron and sensory neuron plasticity to varying neuromuscular activity levels. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003;31(1):51-7. Review.

Pette, D, Staron RS. Mammalian skeletal muscle fiber type transitions. *Int. Rev. Cytol.* 1997;170:143–223.

Roy, RR, Edgerton VR, Ishihara A. Chapter 10. Influence of endurance training and detraining on motoneurone and sensory neurone morphology and metabolism. In: *Endurance in Sport*, edited by R.J. Shephard and P.-O. Astrand. London: Blackwell Science, 2000, pp.136 –57.

© 2007 – Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício

Este artigo somente poderá ser reproduzido para fins educacionais sem fins lucrativos

