

ハムスター舌筋線維の組織化学的観察

早津良和 篠崎文彦

札幌医科大学口腔外科学講座 (主任 佐々木元賢教授)

Histochemical Observation on Tongue Muscle Fibers of Hamster

Yoshikazu HAYATSU and Fumihiko SHINOZAKI

Department of Oral Surgery, Sapporo Medical College

(Chief: Prof. M. Sasaki)

Succinic dehydrogenase (SDH) activity in frozen sections of hamster tongue muscle was studied histochemically, and the following results were obtained.

1) On the basis of SDH activity of tongue muscle, it was shown that hamster tongue muscle fibers could be classified into red, white and intermediate muscle fibers. The fibers of each group consisted of 35%, 6% and 59%, respectively.

2) The diameter of hamster tongue muscle fibers generally ranged from 25 to 40 μ . No significant difference in diameter were observed among the three types of fibers.

3) The histological structure of the cross sections, showed that the red muscle fiber had a Felder structure, and that the white and intermediate muscle fibers had Fibrillen structure.

緒 論

骨格筋における代謝酵素系の組織化学的検索についてはこれまで多くの報告^{1~10)}があるが、哺乳動物の口腔領域の諸筋についてのこれらの研究はあまり行われていない。

さきに松浦¹¹⁾、北^{12,13)}は筋の比較生理学的ならびに口腔外科学的見地から、イヌの舌筋および咬筋の弛緩因子系の性質を生化学的に検討し、さらにこれらの筋の筋線維構成を知るために、組織化学的観察を行っている。

本論文では、北¹³⁾のイヌの舌筋と比較するためにハムスターの舌筋について、コハク酸脱水素酵素 (SDH) 活性を組織化学的に検索した結果を報告する。

実 験 方 法

1. 材料: 生後約2カ月の雌ハムスターの舌を用いた。
2. 方法: エーテル麻酔下に摘出した舌の中央部付近からはほぼ5×8×6 mmの小肉片を切り出し、これを直ちにアセトンドライアイスで凍結し、さらに-30°Cのcryostat中で約12 μ の連続切片を作製した。
3. 組織化学的検索法: SDH活性の証明法は北¹³⁾に従い Nachlas *et al.*¹⁴⁾の方法によった。すなわち上記の切片を Nachlas *et al.*¹⁴⁾の基質反応液 (0.2 M コハク酸ナトリウム, 0.2 M リン酸緩衝液, ニトロ BT (1 mg/ml)) で37°C下に10~30分間処理し、10%ホルマリン溶液で10分間固定したのち、グリセリンゼラチンで封入し、検

鏡した。

4. 筋線維の直径の測定: 北¹³⁾に従い、マイクロメーターで測定した長径と短径の和の1/2をその筋線維の直径とした。

成 績

以下の成績はすべて横断面像の観察によった。

Photo. 1に示すように、ハムスターの舌筋においてもSDH反応による染色の程度から、諸種の骨格筋についての従来の報告^{1~7)}と同様、3種類の線維が区別された。すなわち、SDH活性が最も高く、濃染している線維、活性が低く、したがって最も淡く染色されている線維、および両者の中間の染色性を示す線維が認められた。また筋の横断面の組織学的構造から、濃染された線維ではFelder構造¹⁵⁾を、淡染されたもの、および中等度に染色している線維ではFibrillen構造¹⁵⁾を示すものが多かった (Photos. 2 and 3)。なおハムスター舌筋では、結合組織が比較的少なく、筋線維は密に配列していた。

従来の報告^{1,4)}によれば、SDH活性が高く、それゆえに濃染される線維は赤筋線維、活性が低く、淡く染色される線維は白筋線維、その活性が中等度のものは中間型線維であると言われている。また筋線維の横断面の構造からFibrillen構造とFelder構造とが区別され、多くの場合前者は白筋線維に、後者は赤筋線維に対応することも知られている¹⁵⁾。したがってハムスターの舌筋におけるこれら3種

類の線維は、それぞれ赤筋、白筋ならびに中間型線維とみなすことができるであろう。

次に舌筋を構成する各種筋線維の割合と線維の直径の関係を Fig. 1 に示した。

SDH 活性の高い赤筋線維は約 35% を占めており、その直径は $20 \sim 40 \mu$ で、とくに約 $25 \sim 35 \mu$ のものが多数を占めていた。中等度に染色する中間型線維は約 59% と最も多く、その直径は $20 \sim 50 \mu$ で、とくに約 $25 \sim 40 \mu$ のものが多く、SDH 活性の低い白筋線維は約 6% を占め、直径は $25 \sim 45 \mu$ で、とくに約 $25 \sim 30 \mu$ の範囲のものが多かった。以上のようにハムスターの舌筋において、上記 3 種類の筋線維の間には直径に関して、ほとんど差を認めなかった。

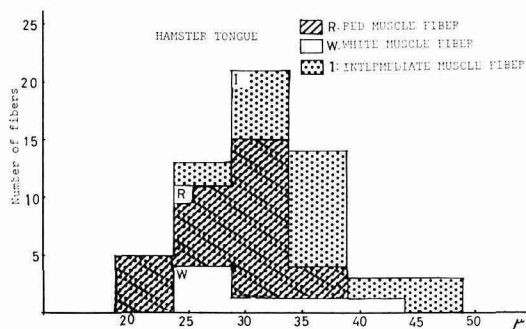


Fig. 1 Histogram of the diameter of fiber in hamster tongue muscle. The total number of fibers measured was 100.

考 察

最近、北¹³⁾はイヌの舌筋を SDH 活性ならびに phosphorylase 活性の両面から検討し、この筋はほとんどが直径 $30 \sim 50 \mu$ を示す赤筋線維から構成されていることを報告している。

本実験の成績において、ハムスター舌筋は SDH 活性ならびに筋線維の横断面の構造から、SDH 活性が高くかつ Felder 構造を示す赤筋線維、活性が低くかつ Fibrillen 構造を示す白筋線維、および SDH 活性が中等度でかつ Fibrillen 構造を示す中間型線維の 3 種類から成ることが明らかにされた (Photos. 1, 2 and 3)。ハムスターの舌筋はイヌの舌筋¹³⁾と異なり、その構成線維は中間型線維が約 59% を占め、赤筋線維は約 35% にすぎなかった (Fig. 1)。また、この筋の線維の直径は、イヌの舌筋¹³⁾のそれに比し、全般的に細く、 $20 \sim 40 \mu$ とくに約 $25 \sim 35 \mu$ の線維が大多数を占め、赤筋、白筋、および中間型の 3 者で直径に関してほとんど差が認められなかった (Fig. 1)。

以上のハムスターの舌筋とイヌの舌筋における成績の差

は北¹³⁾が指摘しているように、おそらく動物種の差に起因すると思われるが、その理由はなお不明である。なお、赤筋線維と白筋線維の直径に関しては、赤筋線維は白筋線維より細いという報告¹⁶⁻²⁰⁾、逆に赤筋線維の方が太いという報告²¹⁾、あるいは高橋のウサギ筋において両者の間にはほとんど差がないという報告などがあり、必ずしも一致していない。ハムスターの舌筋についての本成績はウサギ筋と比較して、直径はやや細いが 3 種の筋線維の間にはほとんど差がないという点において、高橋の報告²²⁾と一致すると思われる。また、北¹³⁾のイヌの舌筋の線維の配列状態は、ハムスターのそれと比較して結合組織が多く、筋線維がまばらに存在していた。これは動物種の差であると考えられるが、北¹³⁾の場合、舌尖部を観察したのに対して、われわれの場合はほぼ舌の中央部を観察したことによる差の可能性も除外できない。

骨格筋の組織化学的研究においては、SDH 反応だけでなく、さらにこれを裏づけるために phosphorylase 反応を併用することが一般に行なわれている^{3,9,10,23-25)}。しかし一般に SDH 活性が高い赤筋線維では phosphorylase 活性が低く、SDH 活性が低い白筋線維では、phosphorylase 活性が高いことが認められている^{3,9,10,13,23-25)}。したがって、筋線維を組織化学的に分類するためには、SDH 活性あるいは phosphorylase 活性のいずれか一方についての検討で十分であると思われる。しかし本論文においては、さらに Krüger¹⁵⁾による白筋および赤筋線維にそれぞれ特徴的な横断面の構造すなわち Fibrillen および Felder 構造にも着目した。

一般に機能的には赤筋は遅筋に、白筋は速筋に属するとされている²⁶⁾。したがってほとんどが赤筋線維から成るイヌの舌筋¹³⁾と、約 59% の中間型線維、約 35% の赤筋線維および約 6% の白筋線維から成るハムスターの舌筋との間には機能的にも差があることが予想されるが、これらの点については、北¹³⁾も指摘しているように、舌筋の収縮速度などに関する生理学的検討にまたなければならないであろう。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご指導、ご助言をいただいた生理学第一講座、永井寅男教授、太田勲助手、小坂功助手に感謝いたします。

(昭和 51. 3. 31 受理)

文 献

- 1) Ogata, T.: A histochemical study of the red and white muscle fibers. 1. Activity of the succinoxidase system in muscle fibers. Acta Med.

- Okayama **12**, 216-227 (1958).
- 2) Stein, J. M. and Padykula, H. A.: Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers of the rat. *Am. J. Anat.* **110**, 103-123 (1962).
 - 3) Romanul, F. C. A.: Enzyme in muscle. 1. Histochemical studies of enzymes in individual muscle fibers. *Arch. Neurol. (Chicago)* **11**, 355-368 (1964).
 - 4) Arrngio, G. A. and Hagstrom, J. W. C.: The histochemical classification of rabbit hindlimb striated muscle. *J. Histochem. Cytochem.* **17**, 127 (1969).
 - 5) Vincelette, J. and Jasmin, G.: On the heterogeneity of skeletal muscle fibers: The intermediate fibers. *Experientia* **15**, 288-290 (1969).
 - 6) Edgerton, V. R. and Simpson, D. R.: The intermediate muscle fiber of rat and guinea pigs. *J. Histochem. Cytochem.* **17**, 828-838 (1969).
 - 7) Gauthier, F. G. and Padykula, H.: Cytological studies of fiber type in skeletal muscle. *J. Cell Biol.* **28**, 333-354 (1966).
 - 8) Padykula, H. A. and Gauthier, F. G.: Cytological studies of adenosine triphosphatase in skeletal muscle fibers. *J. Cell Biol.* **18**, 87-107 (1963).
 - 9) Pearse, A. G. E.: Direct relationship of phosphorylase and mitochondrial α -glycerophosphate dehydrogenase activity in skeletal muscle. *Nature (London)*, **191**, 504 (1961).
 - 10) Hess, R. and Pearse, A. G. E.: Dissociation of uridine diphosphate glucose-glycogen transglucosylase from phosphorylase activity in individual muscle fibers. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **107**, 569-571 (1961).
 - 11) 松浦利恵: 犬舌筋における弛緩因子系について. 札幌医誌 **31**, 1-7 (1967).
 - 12) 北 進一: 犬咬筋における弛緩因子系について. 札幌医誌 **33**, 60-66 (1968).
 - 13) 北 進一: イヌ舌筋および咬筋の組織化学的観察. 札幌医誌 **39**, 225-234 (1971).
 - 14) Nachlas, M. M., Tsou, K. C., DeSousa, E., Cheng, C. S. and Seligman, A. M.: Cytochemical demonstration of succinic dehydrogenase by the use of a new *p*-nitrophenyl substituted ditetrazole. *J. Histochem. Cytochem.* **5**, 420-436 (1957).
 - 15) Krüger, P.: 永井寅男 筋の生理学, 朝倉書店 (1974) より引用.
 - 16) Ogata, T.: An electron microscopic study on the red, white and intermediate muscle fibers of mouse. *Act Med. Okayama* **14**, 271-280 (1964).
 - 17) Jinnai, D.: Functional differentiation of skeletal muscle. *Acta Med. Okayama* **14**, 159-169 (1960).
 - 18) Nishihara, H.: Studies on the fine structure of red and white fin muscles of the fish (*Carassius auratus*). *Arch. hist. Jap.* **28**, 425-447 (1967).
 - 19) Bocek, R. M. and Beatty, C. H.: Glycogen synthetase and phosphorylase in red and white muscle of rat and rhesus monkey. *J. Histochem. Cytochem.* **14**, 549-559 (1966).
 - 20) Bar, U. and Blanchear, M. C.: Glycogen and CO₂ production from glucose and lactose by red and white skeletal muscle. *Am. J. Physiol.* **209**, 905-909 (1965).
 - 21) Pellegrino, C. and Franzini, C.: An electron microscope study denervation atrophy in red and white skeletal muscle fibers. *J. Cell Biol.* **17**, 327-349 (1963).
 - 22) 高橋良造: 家兎白筋および赤筋の電子顕微鏡的研究. 札幌医誌 **33**, 234-251 (1968).
 - 23) Rudolph, G.: Die Enzymhistochemie des normalen und geschädigten Skelettmuskels. *Verh. Dtsch. Ges. Path.* **43**, 78-83 (1958).
 - 24) Rudolph, G.: Der histochemische Nachweis dehydrogenasehaltiger Sarkomen (Mitochondrien) in der Hert-, Skelet-und glatten Muskulatur. *Acta Histochem.* **12**, 48-68 (1961).
 - 25) Dubowitz, V. and Pearse, A. G. E.: Reciprocal relationship of phosphorylase and Oxidative enzymes in skeletal muscle. *Nature (London)*, **185**, 701 (1960).
 - 26) 永井寅男: 筋の生理学. 朝倉書店 (1974).

Explanations of Photograph

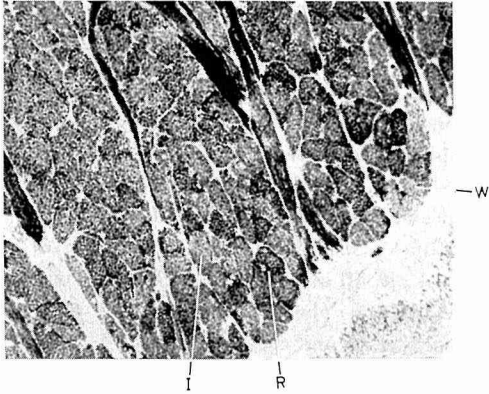


Photo. 1 Cross section of hamster tongue muscle incubated for SDH ($\times 270$). There are three types of fibers.
 R: Red muscle fiber
 W: White muscle fiber
 I: Intermediate muscle fiber

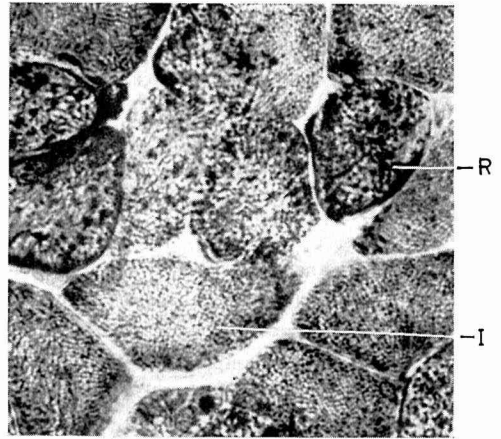


Photo. 2 Cross section of hamster tongue muscle incubated for SDH ($\times 850$).
 R: Red muscle fiber—Felder structure
 I: Intermediate muscle fiber—Fibrillen structure

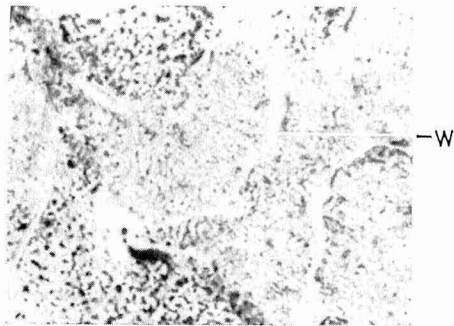


Photo. 3 Cross section of hamster tongue muscle incubated for SHD ($\times 850$).
 W: White muscle fiber—Fibrillen structure