

中高年齢者の体力と運動処方

(共同研究者)

東京慈恵会医科大学	馬 詰 良 樹
同	森 本 茂
同	倉 田 博
横浜国立大学	内 野 欽 司

研究目的

最近のわが国の中高年齢人口の増加と出生率低下の現象は、急速に人口構造の老齡化をもたらしている。したがって、高年齢層といえども、積極的な意味で社会人口の一単位でなければならない。さらには生活の合理化がすすむ結果、運動不足に基づく成人病あるいは半健康人が増加しつつあるのも現状である。中高年齢者の体力づくりに関する運動処方が重要なテーマとしてとりあげられつつある背景である。

したがって、健康中高年齢者または病後リハビリテーションにも関連して、どの種類の運動をどの程度、どのようにして与えるかを解明し、至適運動量を与えることが、解決しなければならない重要点である。しかし、一律の運動処方を作成することは困難である。何故なら、遺伝体質のあること、循環因子によって体力に大きな個人差のあること、成人病因子を持つ人に危険な状態を引き起こすような過剰の運動を与えられないこと、などがその理由となる。したがって、この問題の解明は、社会的要求が大きいにもかかわらず、今後にまたねばならないのが現状である。

そこで今回我々は、運動処方決定の一助とすべく、随意運動中の運動単位の特性を、新しく開発した方法によって求めることを試みた。

緒言

筋電図法は、人体の筋の電氣的活動を求める方法として1912年 Piper によって導入された。この筋電図法は、大別して、表面電極法と筋内針電極法 (Adrian and Bronk, 1929) に分類される。前者は当該筋全体の電氣活動を後者は単一運動単位の活動を記録するのに適すると考えられてきた。

我々は人体の「ふるえ」に関する研究中、人体表面から一般的に誘導した電氣信号の記録上に、明らかに識別可能なスパイク電位を見出した。さらにこのスパイク電位は、随意運動中にも見出すことができ、筋内針電極によって誘導された単一運動単位電位と同様のものである可能性を見出した。そこで我々は、皮膚表面から誘導されたスパイクの特性を報告する。

方 法

被検者は、健康成人男子であった。実験は主に、右内側広筋において行った。

筋張力測定は、ストレンゲージ (日本光電 RTB-100K)、増幅器 (日本光電 RP-3) 系によって行った。

筋電氣活動は、表面電極法と、筋内針電極法を併用して観察した。平衡増幅器 (日本光電 RB-2)

を介し、陰極線オシロスコープ（日本光電 VC-7）を用いた。

結 果

表面と筋内電極によって記録された スパイク

まず、両電極から得られたスパイクの同期の有無を観察した。表面電極を、最大のスパイクが得られる皮膚上に固定した後に、筋内埋入電極（Kurata, 1974）を、図1のように刺入した。埋入電極の先端が筋膜直下に位置する時、表面電極

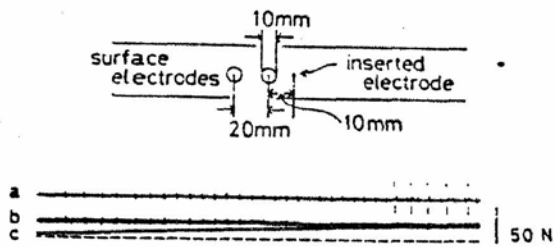


図1 表面電極から記録された活動電位(a)と埋入電極から記録された活動電位(b), (c)は膝関節伸展張力、破線はその0kgを示す。

と同期するスパイクが記録された。

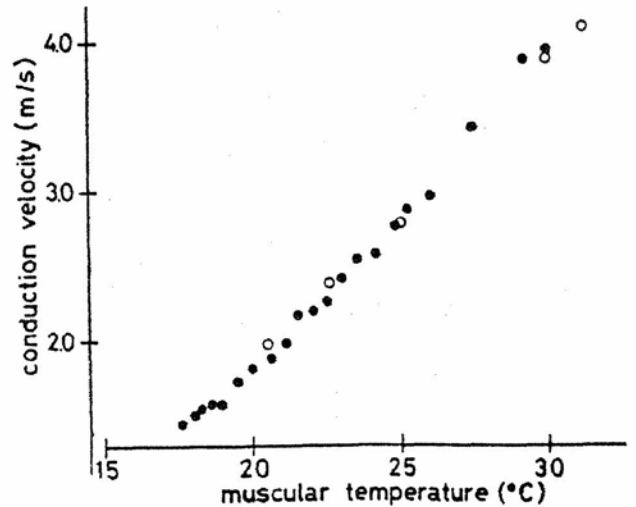
スパイクの伝導速度

表面と埋入電極から記録されたスパイクの時間

差は、両電極間距離の関数である。図2は両者の直線関係を示す。この種の測定から伝導速度が求められ、約3.5m/sの値が得られた。また、図2から、スパイクは両方向に伝導することが示され、両直線の交点は終板の位置をあたえる。この場合終板は、遠位端より $\frac{1}{3}$ の距離に位置する。

筋温と伝導速度の関係

筋温は、当該筋上の皮膚面を、ビニール袋で包んだ氷でおおうことによって変化させ、同時に、筋肉に埋入したサーミスター（芝浦電子 MGP-III）によって測定された。筋温は氷でおおってから30分で、31から17°Cまで下降し、氷を取り去



●：筋冷却時 ○：回復時
図3 筋温と伝導速度との関係

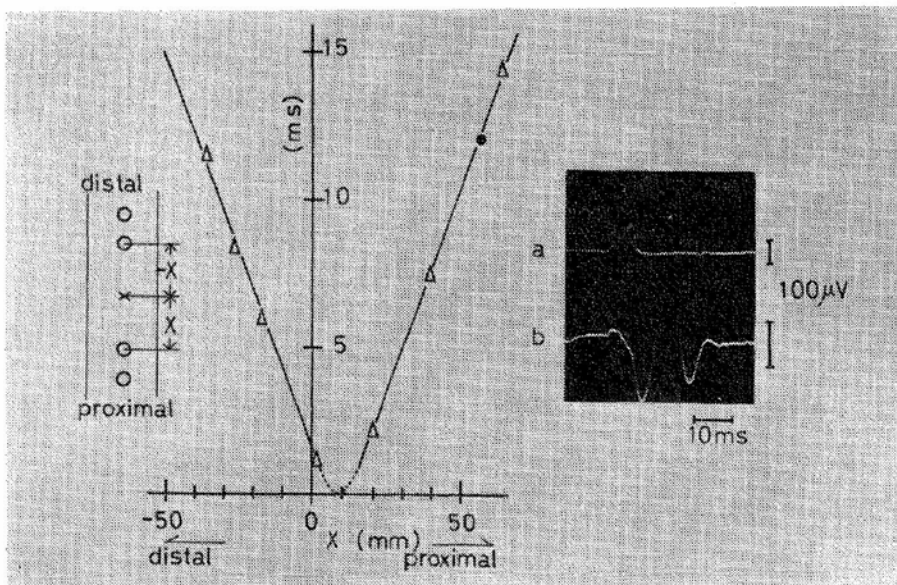


図2 2つの電極から記録された活動電位の時間差と電極間距離の関係

ってから20分で 31°C まで回復した。

図3に、スパイクの伝導速度と筋温の関係を示した。両者はほぼ直線関係をもち、0.2m/s. degの勾配を示した。冷却期および回復期とも同様の勾配であった。

終板付近のスパイクの形

図4に、3ヶ所に固定した表面電極によって得られたスパイクを示す。

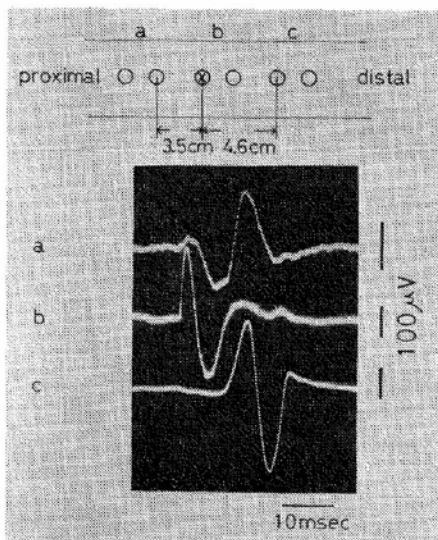


図4 終板付近に電極を装着した時に得られた活動電位の波形

図中、bのスパイクはその立ち上がりが鋭角であり、他の2つのスパイクと異なる。これは、容積導体を考慮すれば、b電極直下にスパイクの出発点（終板）があることを示す。この位置は、図2から求めた終板の位置に一致した。また、aとcのスパイクの相が鏡像関係にあることは、終板から発して、スパイクが両側に伝導することを意味する。

スパイク高と電極の位置

スパイクの発生源の平面的広がりを求めるために、発生源と電極の距離とスパイク高の関係を求めた。

図5に示すように、両者は指数関数的関係を示した。

スパイクの再現性と一般性

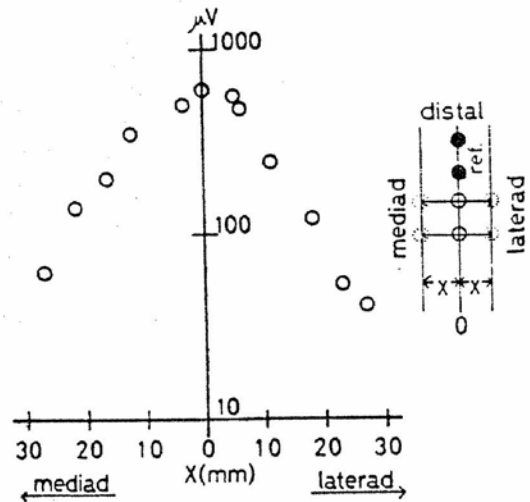


図5 活動電位の振幅と電極位置との関係

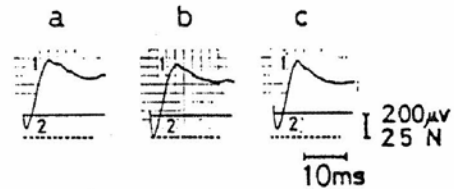


図6 異なった日時に同一の場所から得られた活動電位の波形

実験の再現性を支持するために、異なった日時に同上場所からのスパイクを記録した。

図6に示すように、その形の差異はほぼ同一であり、高い再現性をもつと考えられた。

また、この発見の一般性を求めるために、異なる筋、異なる被験者からスパイクを求めた。

図7にその一例を示すが、多くの筋から、また多くの被験者から容易に表面スパイクが記録された。

2～3の応用

以上の実験から、本スパイクは単一運動単位の放電と考えられたので、まず、本スパイクで積算器をトリガーし、運動単位所属筋線維単収縮曲線を記録させることを試みた。

約10回の積算により、容易に単収縮曲線が求められた。

持続的筋力発揮中の単収縮曲線の変化を求めた。約3分の持続収縮により、張力は低下し、その時間経過は延長した。また、無酸素状態では張

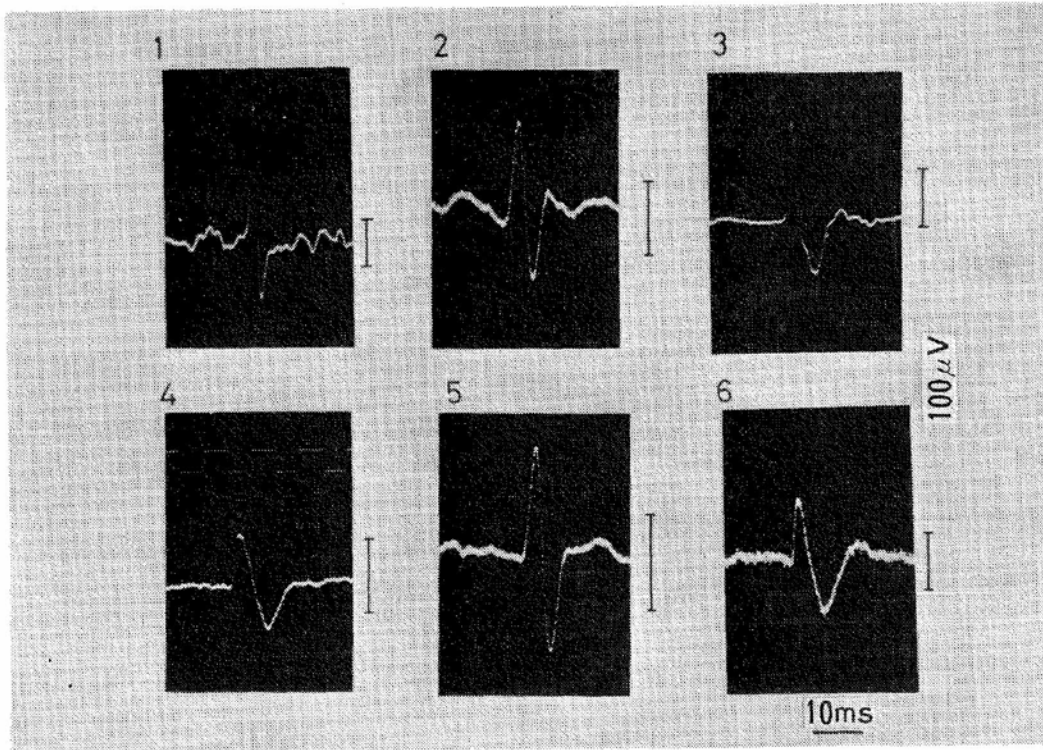


図7 種々の筋肉または他の被験者から記録できた活動電位

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1. m. tibialis anterior in S.M. | 4. m. vastus medialis in Y.O. |
| 2. m. biceps brachii in S.M. | 5. m. vastus medialis in Y.U. |
| 3. m. flexor pollicis brevis in S.M. | 6. m. vastus medialis in H.K. |

力は低下するが、時間経過は変化しなかった。

考 察

現在まで、表面筋電図法によっては、筋全体の電氣的活動しか観察することはできないとされてきたが、我々の今回の研究により、筋表面に近い単一運動単位の活動も観察されることが可能となった。単一運動単位の活動を求めることは、運動処方決定上不可欠であるが、従来の筋内埋入電極は、筋の破壊、感染の危険性、等の理由により、一般人を対象として広く行うことができなかった。今回の方法によれば、これらの危険性をのぞくことができ、広く一般的に運動単位特性を求めることができる。我々は本方法が、運動処方作成上有用なものであることを強調する。また、高度の再現性の良さは、今後、長期トレーニングやリハビリテーションの研究にも利用することができるものと思われる。

謝 辞

本研究は慈恵医大・第一生理学教室、増田允教授の御援助のもと、森本茂氏の精力的実験によるものである。

最後に、本研究に絶大な御理解、御援助をいただいたデサントスポーツ科学振興財団に深謝いたします。

文 献

- 1) Adrian, E.d. and Bronk, D.W. ; *J. Physiol.* (Lond) **67**, 119—151 (1929)
- 2) Kurata, H ; *J. Phys. Fitness Jpn.*, **23**, 125—133 (1974)
- 3) Piper, H ; *Elctrophysiologie menschlicher Muskeln*, Verlag Julius Springer, Berlin (1929)