

長掌筋の作用に関する機能解剖学的研究

市 江 雅 芳

信州大学医学部第2解剖学教室
(主任: 志水義房教授)

Functional Anatomical Studies on the Action of the Palmaris Longus

Masayoshi ICHIE

Department of Anatomy, Shinshu University School of Medicine
(Director: Prof. Yoshifusa SHIMIZU)

In order to analyze the action of the palmaris longus (PL), electromyographical (EMG) study, electrical stimulation and dissection of the muscle were performed with special reference to thumb movement.

The PL showed marked EMG activities during thumb abduction and/or opposition. The patterns of activities were similar to those of the abductor pollicis brevis (AbPB) and opponens pollicis (OpP) rather than to those of the wrist flexors during to-and-fro movements of the thumb and cylindrical grasp.

Electrical stimulation applied to the PL alone resulted in wrist flexion whereas coactivation of the PL with the AbPB or OpP further abducted or opposed the thumb.

In addition to the palmar aponeurosis (PA), the PL tendon inserted into the AbPB and OpP. When the thumb muscles were relaxed, tension induced by pulling the PL was transmitted to the PA and resulted in wrist flexion. Since shortening of the AbPB and/or OpP pulled the PL tendon, tension by PL traction was primarily transmitted to these muscles, causing thumb abduction and opposition.

These findings showed that the PL had an action of thumb abduction and opposition as a synergist of the AbPB and OpP in addition to wrist flexion. *Shinshu Med. J.*, 35: 33-44, 1987

(Received for publication June 30, 1986)

Key words: palmaris longus, functional anatomy, electromyography, thumb, functional electrical stimulation

長掌筋, 機能解剖学, 筋電図, 母指, 機能的電気刺激

I 結 言

長掌筋は前腕浅層屈筋群の1つであり, 上腕骨内側上顆, 筋間中隔および前腕筋膜よりおこり, 屈筋支帯の遠位端および手掌腱膜の中央部に停止する細長い紡錘状の筋である¹⁾。この筋は, 手掌腱膜を緊張させ

手根を屈曲させることから, 解剖学の成書において¹⁾⁻¹⁰⁾, 橈側手根屈筋と尺側手根屈筋とともに, 手根を屈曲させる筋に分類されている。また, 変異が非常に多く認められる筋であり, 日本人では3~6%, 欧米人では10~40%の頻度で筋腱がまったく欠損しているとされている¹¹⁾¹²⁾。手根の屈筋としては他の2筋で

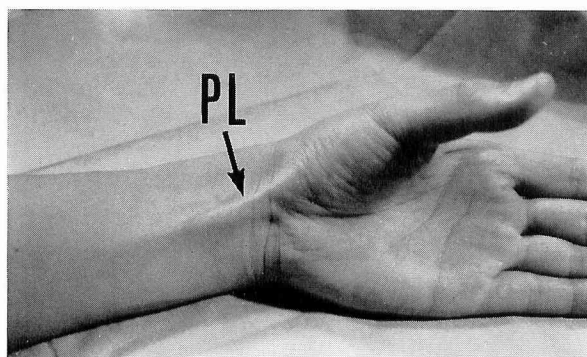


Fig. 1 Photograph of the left hand of a normal healthy man, showing the tendon eminence of the palmaris longus (PL) induced by thumb abduction.

This phenomenon occurs without wrist flexion. An arch to the base of the thumb which is supposed to be the tendon fibers relating to thumb abduction is observed.

必要な筋力を確保できるため、整形外科領域では、長掌筋の腱を腱移植に用いることが多い¹⁰⁾。

このように、従来、長掌筋自身の作用については、あまり重要視されていなかった。しかし、体表解剖学的には、手根を屈曲させず、母指を外転（掌側外転）または対立させるだけでも、前腕屈側遠位部に長掌筋腱が緊張し隆起することが観察される（Fig. 1）。また、前腕屈側近位部に表面電極をおき、浅層の筋活動を筋電図を用いて調べてみると、母指の外転・対立に際し、本来この部位では認められないはずの筋放電が観察された。これらの現象は、長掌筋が手根の屈曲作用だけでなく、一部の母指動作へも関与していることを示唆するものである。そこで、経皮的埋め込み電極を用いた筋電図分析と電気刺激実験および解剖用遺体における牽引実験の機能解剖学的手法を用いて、長掌筋の作用を詳細に調べてみた。

II 対象および方法

A 筋電図分析

健常被験者7名（男4名、女3名、20～39歳）の左手に対し、筋電図分析を行った。分析対象とした筋は、母指球より短母指外転筋（M. abductor pollicis brevis : AbPB）・母指対立筋（M. opponens pollicis : OpP）、前腕屈側より橈側手根屈筋（M. flexor carpi radialis : FCR）・尺側手根屈筋（M. flexor carpi ulnaris : FCU）および長掌筋（M. palmaris longus : PL）の5筋を選んだ。

筋電導出は経皮的埋め込み電極法¹³⁾とし、テフロンで被覆した直径75 μ のType 316ステンレス線を用いて、Basmajian ら¹⁴⁾¹⁵⁾が考案したものと同型の双極のつり針型電極を製作し、25ゲージの皮下針を用い

て各筋の筋腹に刺入留置し、筋電図を記録した。これを、筆者らが開発した¹⁶⁾¹⁷⁾低雑音差動増幅器にて増幅後、整流および平均化処理¹⁸⁾を施し、データレコーダー（Shinkoh, RCD-928）にて記録するとともに、ペンオシログラフ（NEC San-ei 8K23）にて描記し、分析に用いた。不関電極は、前腕遠位部の尺骨茎状突起部皮下に留置した。

測定に際して、被験者は椅子に腰掛け、前腕を回内・回外位の中間位に保ち、手根は約30度伸展（背屈）させた機能的肢位に保持して台上に置いた。この時、前腕以下のすべての筋を弛緩させた状態を resting po-

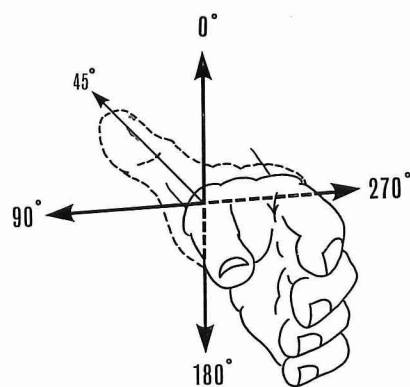


Fig. 2 Schematic diagram of to-and-fro movements of the thumb.

Thumb extension and flexion, upward and downward movements from the neutral position parallel to the palmar plane, are 0 and 180 degrees, respectively. Thumb abduction, the movement apart from the palmar plane, is 90 degrees and thumb adduction is 270 degrees.

sition とし、実験における動作の起点とした。また、母指の動作には3関節が関与しているが、動作を単純化させるため、指節間関節 (Art. interphalangea pollicis 以下 IP 関節と略) および中手指節関節 (Art. metacarpophalangea pollicis 以下 MP 関節と略) は resting position における関節角を保つようにし、最も近位部にあり自由度の大きい手根中手関節 (Art. carpometacarpea pollicis 以下 CMC 関節と略) を動作の中心として実験を行った。この際、母指の動作を表示しやすくするため、第一中手骨骨頭部の resting position における位置を原点とし、そこより鉛直上向きを0度、下向きを180度、これと直交し示指より離れる方向を90度、近づく方向を270度とした (Fig. 2)。

分析した母指動作は、次の3種である。

- 1 原点から各角度方向への往復運動
(0度方向より始めて45度stepで315度方向まで)
- 2 母指の先端が、第二・第三・第四指列面上における外転運動
- 3 コップを用いた円筒握り動作 (Cylindrical grasp)

上記の各運動時の筋電振幅について平均化処理を行った。検出を行った各筋について、各々の筋の本来の作用方向で負荷運動を行い、最大筋活動を認めたときの振幅を最大振幅とした。各筋について、1, 2, 3の運動時の平均化処理後の筋電振幅の前記最大振幅に対する百分率を求め、これを各筋の活動度とした。

B 電気刺激実験

テフロンで被覆した直径75 μ のType 316 ステンレス線を単極刺激電極として用いた。これを、健常被験者5名(男4名, 女1名, 21~39歳)の左手母指の各筋の motor point へ、27ゲージの皮下針を用いて刺入留置した。電気刺激の対象とした筋は、長掌筋(PL)と、母指動作に関与している長母指伸筋(M. extensor pollicis longus: EPL)・短母指伸筋(M. extensor pollicis brevis: EPB)・長母指外転筋(M. abductor pollicis longus: AbPL)・短母指外転筋(AbPB)・母指対立筋(OpP)・短母指屈筋(M. flexor pollicis brevis: FPB)・母指内転筋(M. adductor pollicis: AdP)・第一背側骨間筋(M. interosseus dorsalis I: IDI)の8筋とした。不関電極は、上腕近位部表面に置いた。これらを、パーソナルコンピュータ(NEC PC8801 MK II SR)を用いた16チャンネル出力の電気刺激装置¹⁹⁾に接続した。電気刺激実験は、最

初に長掌筋の単独刺激を行い、次に、筆者らがすでに報告した方法²⁰⁻²²⁾により母指動作に関与する8筋を組み合わせて刺激して母指を外転位に置くか、もしくは、短母指外転筋あるいは母指対立筋の単独刺激を行って母指を外転または対立位に置いた状態で、長掌筋の電気刺激を行った。刺激波として、パルス幅0.2msec, 刺激周波数20Hz, 最大刺激電圧-15Vの負性矩形波を用いた²³⁾²⁴⁾。

C 長掌筋の牽引実験

生体に近い状況を再現するため、死後硬直の解けた、関節の柔軟性が保たれている未固定の解剖用遺体の上肢(1体左右, 計2側)を上腕部で切断し、実験に用いた。これを自作した牽引装置の台の上に置き、前腕屈側と手掌に皮切を加え、長掌筋・手掌腱膜および母指球の筋を露出した。また、短母指外転筋と母指対立筋の筋腹を約1~1.5cm切除し、両断端間に小型の開創器(LAWTON, 21-0150, Stainless, Germany d)を縫いつけ、開創器を開閉することにより筋長を調節できるようにした。次いで、長掌筋腱の近位部に糸を縫いつけ、滑車を用いて筋の起始方向へ牽引した。この時、短母指外転筋と母指対立筋の筋長を変え、これら両筋の収縮状態と弛緩状態における長掌筋の作用の違いを調べた。実験終了後、長掌筋の停止部を解剖し、手掌腱膜および母指球の筋との関係を調べた。

III 結 果

A 筋電図分析

1 原点から各角度方向への往復運動

Fig. 3に、母指を原点から各角度方向へ往復運動させた際の、平均化処理後の筋電図の例を示す。また、この時の筋の活動度をグラフ表示したものがFig. 4である。

短母指外転筋(AbPB)の最大の筋活動は母指動作の90度から135度方向で認められたが、筋の活動範囲は母指対立筋(OpP)より狭い範囲に限定されていた。母指対立筋の最大筋活動の方向は短母指外転筋と同様90度から135度であったが、筋の活動範囲は0度から270度方向のかなり広い範囲にわたっていた。特に、225度方向は、短母指外転筋の活動がほとんど認められなかったのに対し、母指対立筋の活動は約25%と著明であった。これは、この方向への動作が、母指の外転要素を含まないものの、対立要素を含んでいるためと考えられ、両筋の作用の違いが良く表れている。橈側手根屈筋(FCR)と尺側手根屈筋(FCU)は、本来

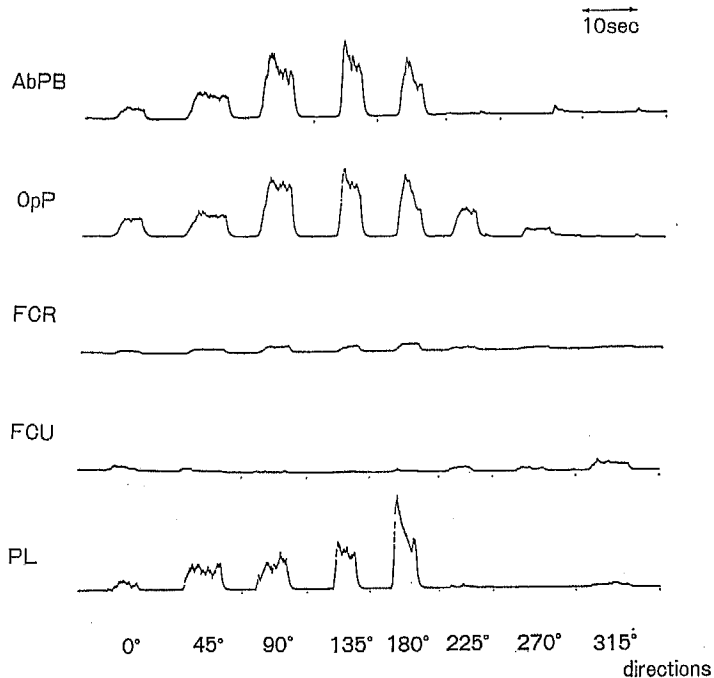


Fig. 3 Averaged EMG activities during to-and-fro movements of the thumb from the resting position in each direction.

の手根屈曲時に示される活動度に比し、きわめて少ない活動度を示した。これは、今回の母指動作の測定に当たって、前腕を回内・回外位の中間位に保持したため、手根の固定に必要な筋力が微小であったことを示している。

ところが、橈側手根屈筋と尺側手根屈筋と同様に手根の屈曲作用を持つ長掌筋(PL)は、母指動作の主動筋である短母指外転筋と母指対立筋に匹敵する活動度を示し、筋放電を示す動作方向も、これら両筋に近似したパターンを示した。すなわち、長掌筋は母指動作の180度方向で筋活動のピークを示すものの、短母指外転筋と母指対立筋の主たる活動方向である90度および135度方向への動作時にも著明な筋活動を認めた。このことより、母指の外転・対立に際し、長掌筋は短母指外転筋と母指対立筋と同期して活動していることが示唆された。このように、長掌筋が母指動作時に著明な筋活動を示し、橈側手根屈筋や尺側手根屈筋よりも、むしろ母指対立筋と短母指外転筋に似たパターンを示す現象は、7名の被験者中6名に認められた。

2 第二・第三・第四指列面における母指の外転運動

Resting position において、軽度屈曲位をとって

いる示指、中指、薬指を含む面を、それぞれ第二、第三、第四指列面として、これらの面上に母指の先端を置き母指を外転させた(Fig. 5)。外転の度合いは、母指中手骨と示指中手骨とのなす角度を測定し、その starting position からの変化量で表現した。Fig. 6は、第三指列面において母指を外転方向へ往復運動させた際の、平均化処理後の筋電図の例である。横軸は外転の度合いを表す。短母指外転筋(AbPB)と母指対立筋(OpP)では母指の外転の度合いに比例して筋放電量の増加が認められたが、橈側手根屈筋(FCR)と尺側手根屈筋(FCU)では最大外転時に初めて筋活動が認められた。前の2筋は主動筋としての活動様式を示し、後の2筋は手根の固定筋としての活動様式を示していると考えられる。長掌筋(PL)は中等度の外転から筋活動を示し始め、以後、最大外転時まで比例的に増加した。これらの結果より、軽度の運動は、主動筋である短母指外転筋と母指対立筋によって行われ、中等度以上の強度が必要な動作において、長掌筋が補助的に働いていることが考えられた。

これらの筋電図を筋の活動度で表し、3種の高さにおける外転運動をまとめたグラフがFig. 7である。縦軸は筋放電量の百分率を表す。短母指外転筋(Ab

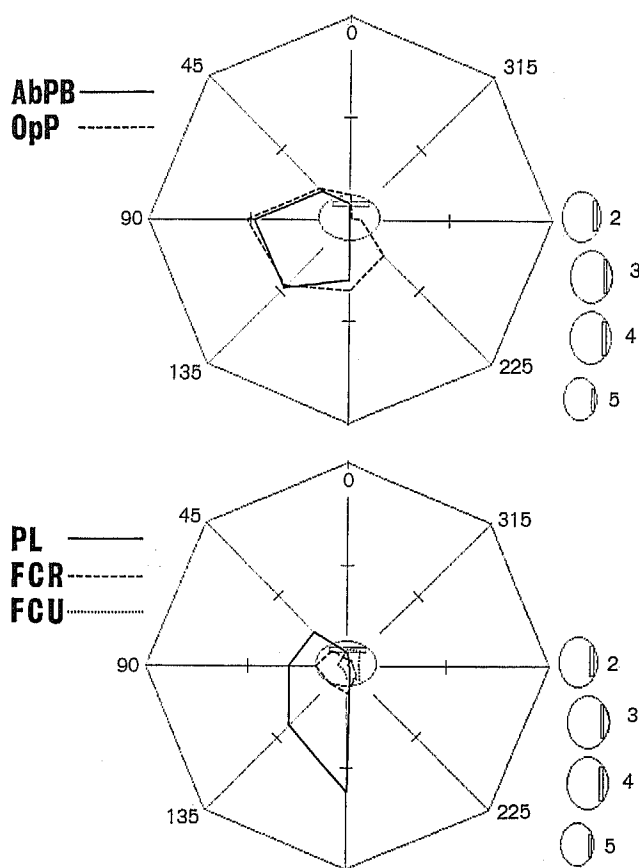


Fig. 4 Octagonal displays of normalized EMG activities during to-and-fro movements of the thumb.

The center and each vertex of the octagon indicate 0% and 100% in each direction. The percentage is a rate of the amplitude of averaged EMG in each muscle to the maximum amplitude of the averaged EMG in the maximum contractile movement of each muscle. The activity of the PL is similar to that of the abductor pollicis brevis (AbPB) and opponens pollicis (OpP). 2, 3, 4 and 5 represent the tips of the respective fingers.

PB)と母指対立筋(OpP)は、外転の増加によるほか、母指先端の高さが低くなるほど、すなわち対立の度合いが強くなるほど、筋放電量の増加が認められた。橈側手根屈筋(FCR)と尺側手根屈筋(FCU)も、母指の高さが低くなるにつれて、最大外転位に達する前に筋放電が認められるようになったが、活動度は小さかった。長掌筋はそれぞれの高さにおいて中等度の外転から筋活動を示し、短母指外転筋と母指対立筋の主動筋グループと、橈側手根屈筋と尺側手根屈筋の手根の固定筋グループとの中間のパターンを示し、この筋に

双方の作用のあることが示唆された。

3 円筒握り動作

Fig. 8 は、母指を第二指列面に外転させ、手を開き、コップを把持した後再び手を開くという、一連の把持動作の筋電図を示している。ここでも長掌筋(PL)は短母指外転筋(AbPB)・母指対立筋(OpP)と同一のパターンを示し、把持に際して筋放電量が著明に減少している。一方、橈側手根屈筋(FCR)・尺側手根屈筋(FCU)とは連動せず、特にこの例においては、尺側手根屈筋はまったく逆のパターンを示した。これは、

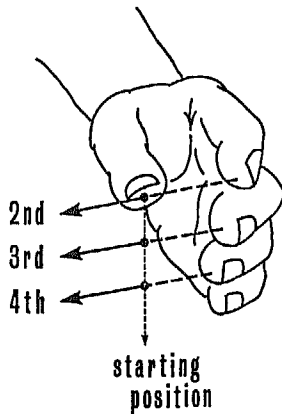


Fig. 5 Schematic diagram of thumb abduction on digital planes.

The digital plane indicates the plane through a longitudinal axis of each finger right to the palmar plane. Solid circles indicate the starting positions of thumb abduction.

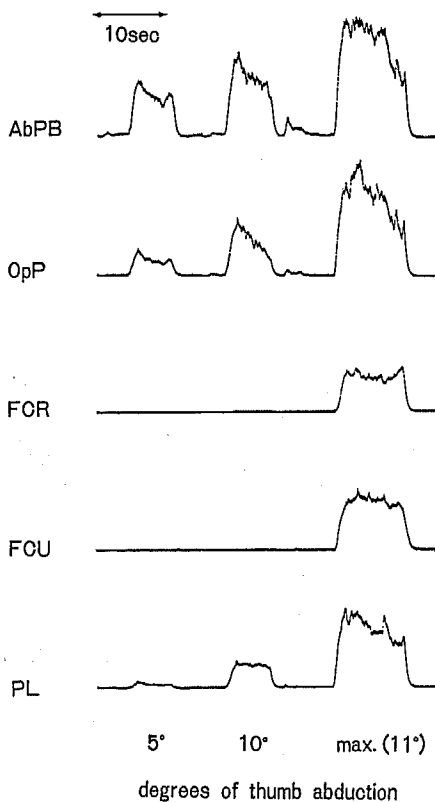


Fig. 6 Averaged EMG activities during thumb abduction on the 3rd digital plane.

Coordination between the PL and the thumb muscles is well represented.

尺側手根屈筋が、把持に際して手根を固定させるために働いたものと考えられた。

B 電気刺激実験

1 長掌筋の単独刺激

上肢の力をできるだけ抜いた状態で前腕を中間位または回外位に固定し、長掌筋を単独で電気刺激した。刺激電圧を上げるに従い長掌筋の収縮力が増し、手根の屈曲が生じた。この現象は5名の被験者全員に認められ、3名においては、前腕の回内も伴った。また、長掌筋の収縮に伴った母指の動きは、まったく認められなかった。

2 電気刺激による母指外転位での長掌筋刺激

母指動作に関与する8個の筋 (EPL・EPB・AbPL・AbPB・OpP・FPB・AdP・1DI) を組み合わせ刺激して母指を外転位に置くか、あるいは、短母指外転筋を単独で電気刺激し母指を外転位に置いて、長掌筋に電気刺激を加えると、長掌筋の収縮が強まるにつれ、母指がさらに外転するのが認められた (Fig. 9)。この時、手根の屈曲はおこらなかった。この現象は5名の被験者中3名に認められた。この長掌筋刺激による外転量は被験者によって異なり、母指中手骨と示指中手骨とのなす角度にして、最小で5度、最大で20度であった。また、母指対立筋と長掌筋との組み合わせ刺激においては、母指の軽度の外転・対立運動が1例に認められた。

C 長掌筋の牽引実験

1 短母指外転筋と母指対立筋を弛緩させた状態での長掌筋の牽引

前腕を水平にし、前腕屈側および手掌が上を向くように固定した状態で長掌筋の腱を牽引すると、電気刺激時と同様、手根の屈曲が生じた。この時、前腕の回内と手根の内転 (尺屈) を伴ったが、母指の位置は変化しなかった (Fig. 10-a)。

2 短母指外転筋を短縮させた状態での長掌筋の牽引

短母指外転筋に取りつけた筋長調節装置により筋を短縮させ、母指を外転位に固定した後、長掌筋を牽引した。その結果、まず、徐々に母指が外転しはじめ、外転の角度増加が約13度に達した時、初めて手根の屈曲が生じた (Fig. 10-b)。

3 母指対立筋を短縮させた状態での長掌筋の牽引

母指対立筋のみを短縮させ、長掌筋を牽引した場合も、ほぼ2の実験と同様母指の外転が増強した (Fig. 10-c)。ただし、外転の増加量は短母指外転筋の場合

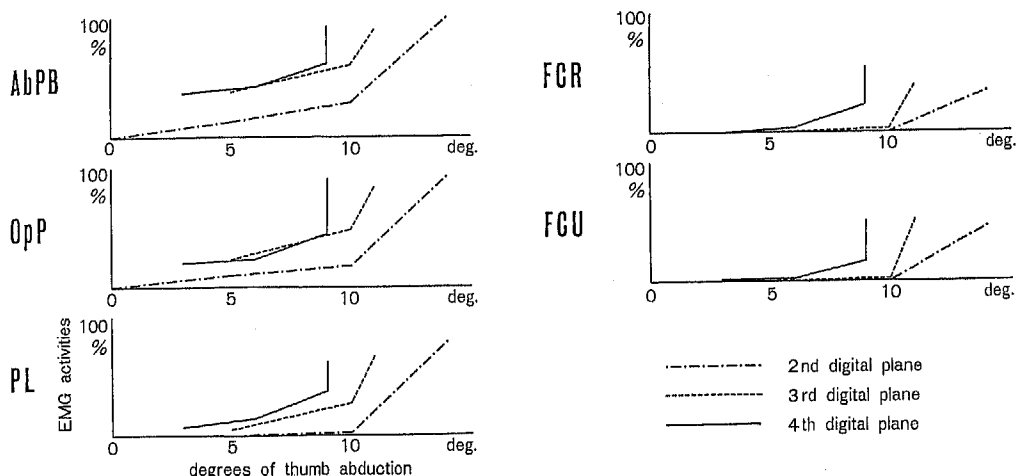


Fig. 7 Normalized EMG activities vs degrees of thumb abduction at different digital planes.

The activities of the thumb muscles (AbPB, OpP) increase in accordance with increases in thumb abduction and opposition. The wrist flexors such as the flexor carpi radialis (FCR) and ulnaris (FCU) are active only when extreme abduction of the thumb is achieved. The PL has characteristics of both the thumb muscles and the wrist flexors.

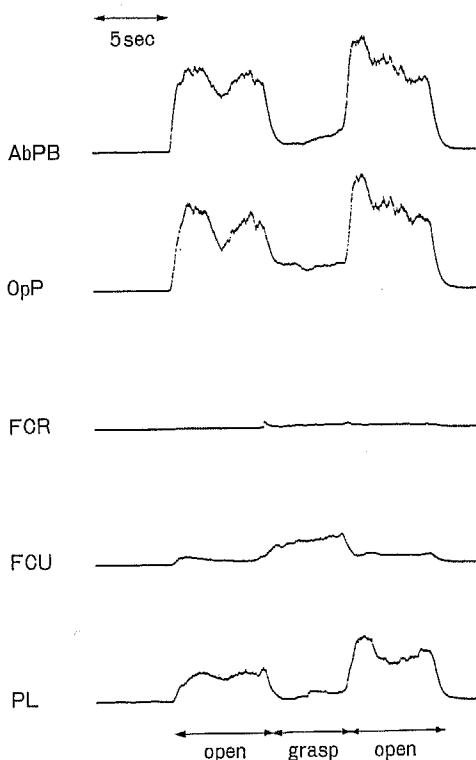


Fig. 8 Averaged EMG during cylindrical grasp.

The activity of the PL is similar to those of the thumb muscles.

よりも少なく、約4度であった。また、母指の対立方向への変化も、軽度であるが認められた。

以上の1, 2, 3の実験にみられる現象は、左右両側に認められた。

4 長掌筋腱の解剖

長掌筋による母指の外転作用の発現機序について調べるため、長掌筋の停止部を肉眼的に解剖した。この遺体では、左右ともに、長掌筋腱が手根部で扇状に広がり、手掌腱膜と母指球部筋膜の双方に移行していることが認められた。短母指外転筋を切断部より近位方向へ翻してみると、母指球へ移行している線維は、単に筋膜へ移行しているだけでなく、短母指外転筋と母指対立筋の起始の一部にもなっていることが観察された (Fig. 11)。長掌筋腱の線維のうちこれら両筋の起始腱に移行している線維の量は短母指外転筋の方が多かった。短母指外転筋および母指対立筋が弛緩した状態で長掌筋腱を牽引すると、手掌腱膜へ行く線維のみが緊張し、手根の屈曲が生じた。短母指外転筋あるいは母指対立筋が短縮した状態では、手掌腱膜へ行く線維に先だって、母指球へ行く線維が緊張し、母指がある程度外転方向へ牽引された後、手掌腱膜へ行く線維が緊張することが観察された。この時、短母指外転筋の筋膜を除去すると、母指の外転の度合いが減少した。

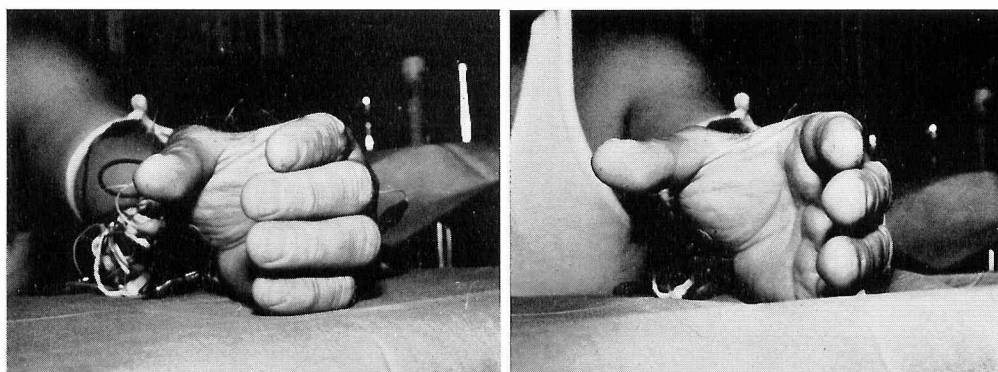


Fig. 9 Photographs of the left hand of a normal healthy man, showing the effect of electrical stimulation of the PL.

Left : Thumb abduction obtained by coordinated stimulation of eight thumb muscles.

Right : Additional stimulation of the PL induced further thumb abduction.

IV 考 察

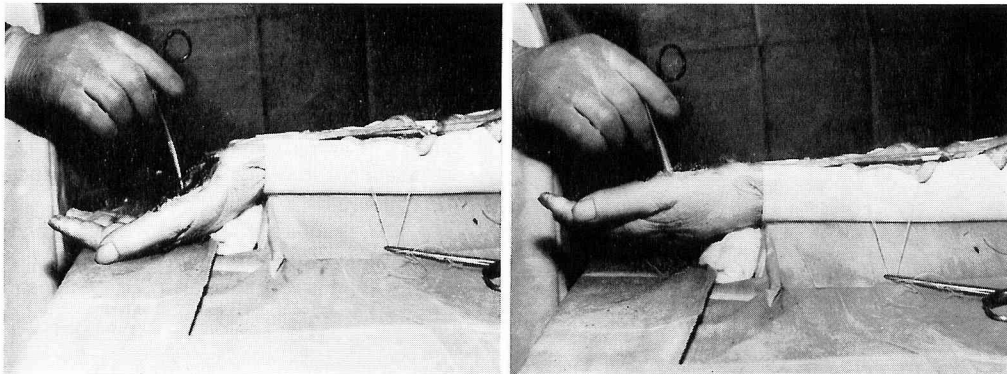
A 母指動作に対する長掌筋の関与について

1944年, Inman ら²⁵⁾は, それまでの遺体を用いた解剖学的研究方法に加えて, 初めて, 健常被験者に対する筋電図を用いた機能解剖学的動作分析について報告した。以来, 人体のあらゆる骨格筋について, この方法による研究が進められてきた。長掌筋についても, その報告例は少ないものの, 筋電図による動作解析がなされ, 手根の屈筋としての役割を持つことが報告されている²⁶⁾²⁷⁾。一方, 1953年, Kaplan²⁸⁾は, 長掌筋が母指の外転・対立運動に関与していることを初めて記載した。その中で彼は, 長掌筋は手根の屈筋としてはあまり重要ではなく, むしろ母指の外転に対する強力な協力筋であると述べている。さらに, そのメカニズムとして, 長掌筋腱が短母指外転筋に停止する例が多いことに関係があると推測している。また, 1971年 Radonjic と Long²⁶⁾は, 手を開く動作 (opening motion) において, opening の速度あるいは力が増すと, 長掌筋に筋活動が認められることを報告している。しかし彼らは, 手の opening に長掌筋に関わるメカニズムや母指動作との関係については言及していない。

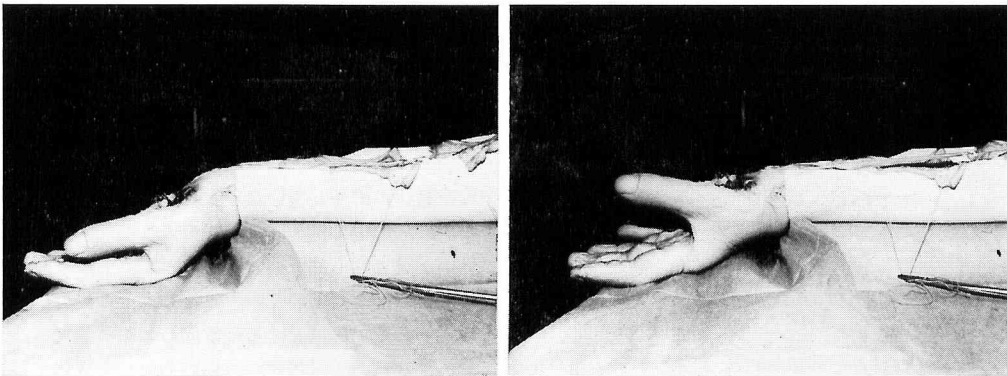
今回の一連の機能解剖学的解析結果より, Kaplan²⁸⁾が推測したように, 長掌筋が短母指外転筋や母指対立筋と共同して母指の外転・対立運動を引き起こすこ

とが判明した。ことに, この共同作用は, 母指が両筋の作用でより外転あるいは対立位にあるときに顕著となることが認められた。したがって, 長掌筋の作用は, 一元的なものではなく, 短母指外転筋および母指対立筋の張力あるいは筋の長さに依存していることが示唆された。これは, 長掌筋の腱が, 短母指外転筋の筋膜に移行するとともに, 短母指外転筋と母指対立筋の起始腱となっていることと関係があるものと思われる。これを, 長掌筋停止部の解剖学的所見を基に, 模式的に表したものが Fig. 12 である。すなわち, 母指球の筋が弛緩した状態で長掌筋が収縮すると, 手掌腱膜へ行く線維のみが緊張して手根の屈曲が生じ(A), 短母指外転筋あるいは母指対立筋が収縮した状態で長掌筋が収縮すると, 母指球へ行く線維が緊張して長掌筋の張力がそれら各筋に伝播し, 母指の外転・対立作用を生じさせる(B)ものと考えられた。また, これらの知見を短母指外転筋および母指対立筋の側からとらえると, 長掌筋の緊張がこれら2筋の作動起点を安定化させ, 母指のより有効な把持動作を可能にさせると同時に, これらの作動起点を移動させることにより, 外転・対立の運動方向を微妙に調節していると考えられる。

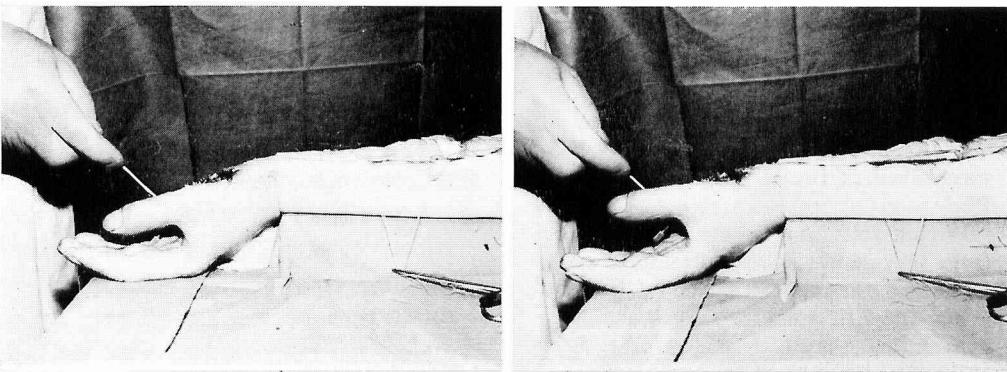
長掌筋と短母指外転筋や母指対立筋との共同作用で生じる母指の外転・対立運動を比較すると, 外転運動の方がより大きく引き起こされることが判明した。これは, 母指対立筋にも外転作用があるということのほか, 長掌筋腱の線維のうちこれら両筋の起始腱に移



(a)



(b)



(c)

Fig. 10 Photographs of the left hand of a cadaver, demonstrating the effect of tendon traction of the PL.

Tendon traction without shortening of the AbPB and OpP (a), with shortening of the AbPB (b) and of the OpP (c). Photographs on the left and right sides show the hand before and during tendon traction of the PL.

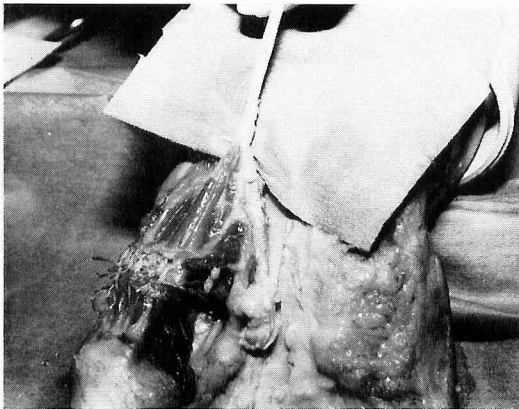


Fig. 11 Photograph of the right hand of a cadaver, showing dissection of the PL tendon.

The tendon of the PL is attached to the palmar aponeurosis and thenar fascia. The tendon to the thenar also ends in the origins of the AbPB and OpP.

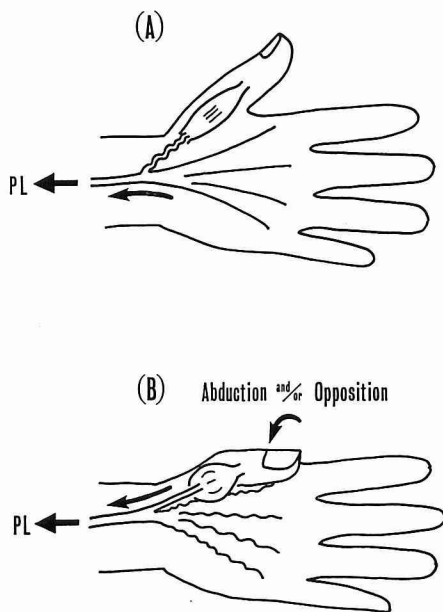


Fig. 12 Schematic diagram explaining the mechanism of thumb abduction by the PL.

During relaxation of the AbPB and/or OpP, tension in the PL is directly transmitted to the palmar aponeurosis (A). When the AbPB and/or OpP are under contraction, the PL tension is primarily transmitted to the thenar muscles and results in thumb abduction (B).

行している線維の量が、短母指外転筋の方に多いことも一因と思われた。また、短母指外転筋の筋膜を除去すると共同的外転運動の大きさが減少することから、この筋膜に移行している長掌筋腱の線維も外転運動に

大きな役割を演じているものと推測された。

長掌筋と短母指外転筋あるいは母指対立筋との組み合わせ刺激において、外転・対立の程度は被験者によって異なり、さらに、母指球へ行く腱が認められるにもかかわらず外転・対立動作の生じないものが5例中2例あった。また、筋電図分析においても、長掌筋が母指動作に関与していないと思われる所見を示したものが、7例中1例あった。このような長掌筋の作用の違いが見られる例があることに対する明確な解答は今のところ得られていない。しかし、その後行った系統解剖実習用遺体における長掌筋の解剖所見では、大多数の例において母指球への線維の移行を認めるが、その移行形式には種々の変異があることが判明している(市江ら;未発表)。したがって、このような変異が長掌筋の作用の違いの一因となっているとも考えられる。

B 臨床医学への応用

従来、整形外科領域では、長掌筋の腱が腱移植に用いられて来た。しかし、母指の外転・対立に対する長掌筋の補助作用を、積極的に利用することも考えられる。近年、医用電子工学およびリハビリテーションの分野において、頸髄損傷や脳卒中等で麻痺した手の機能再建方法として、機能的電気刺激が実用化しつつある¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁹⁾⁻²⁴⁾²⁹⁾⁻³⁷⁾。これは、下位運動ニューロン以下が損傷を受けていない場合に、各筋の motor point へ電極を埋め込み、コンピューターを用いて把持動作を制御しようというものである。把持においては、手を開いた時、すなわち母指を外転・対立させた時の母指と手掌面とのなす空間の広さが把持対象物の大きさを規定している。ここで、患者の長掌筋が母指の外転に対する協力筋であれば、母指を外転位に保持して手

を開く時に長掌筋を同時に電気刺激することで、この空間を拡大させ、さらに大きな対象物を把持することが可能となるものと考えられる。

V 結 語

長掌筋には、本来の手根屈曲作用のほかに、短母指外転筋・母指対立筋と協力して、母指の外転・対立を補助する作用のあることが判明した。この作用は、すべての長掌筋において認められるものではなく、個人差も存在するが、本研究被験者の60%以上に認められた。また、麻痺手に対する機能的電気刺激に、長掌筋への刺激を応用することにより、把持動作の改善が期

待できる。

本論文の要旨は、第91回日本解剖学会総会（1986年4月、東京）において発表した。

稿を終わるにあたり、終始御指導を賜りました恩師志水義房教授、半田康延助教授に深く感謝いたします。また、御助力いただきました北海道大学応用電気研究所星宮望教授、信州大学医療技術短期大学部松下登助教授、当教室西沢寿晃助手、内藤輝助手、宮田康夫氏、横内久美子氏、半田勉氏、信州大学医学部および医療技術短期大学部の学生諸君に対し、厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Williams, P.L. and Warwick, R. : Gray's anatomy. 36th ed., pp.574-575, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1980
- 2) Clemente, C.D. : Gray's anatomy of the human body. 30th American ed., pp.531-532, Lea and Febiger, Philadelphia, 1985
- 3) Basmajian, J.V. : Primary anatomy. 8th ed., pp.155-156, Williams and Wilkins, Baltimore, 1982
- 4) Hollinshead, W.H. and Jenkins, D.B. : Functional anatomy of the limbs and back. 5th ed., pp.137-142, Saunders Co., Philadelphia, 1981
- 5) Kendall, F.P. and McCreary, E.K. : Muscles : Testing and function. 3rd ed., p.77, Williams and Wilkins, Baltimore, 1983
- 6) 金子丑之助 : 日本人体解剖学. 第17版, 第一巻, p.433, 南山堂, 東京, 1973
- 7) 森 於菟, 大内 弘 : 筋学. 分担解剖学, 第11版, 第一巻, pp.346-349, 金原出版, 東京, 1982
- 8) 伊藤 隆 : 解剖学講義. pp.89-90, 南山堂, 東京, 1983
- 9) 藤田恒太郎 : 人体解剖学. 第18版, pp.134-135, 南江堂, 東京, 1971
- 10) 上羽康夫 : 手 その機能と解剖. 第2版, pp.97-123, 金芳堂, 京都, 1985
- 11) 鈴木 誠 : 日本人長掌筋の研究—統計的並びに遺伝的調査—. 人類学雑誌, 63 : 225-233, 1955
- 12) 鈴木 誠 : 佐渡島住民の長掌筋欠損について—日本人長掌筋の研究—. 人類学輯報, 18 : 159-164, 1957
- 13) Ebskov, B. : De motibus motoribusque pollicis humani. pp.85-98, Aarhus Stiftsbogtrykkerie, Copenhagen, 1970
- 14) Basmajian, J.V. and Deluca, C.J. : Muscles alive : Their functions revealed by electromyography. 5th ed., pp.19-64, 290-309, Williams and Wilkins, Baltimore, 1985
- 15) Forrest, W.J. and Basmajian, J.V. : Functions of human thenar and hypothenar muscles. J Bone Joint Surg [Am], 47 : 1585-1594, 1965
- 16) 八木 了 : 麻痺上肢に対する機能的電気刺激 (FES) の基礎的ならびに臨床的研究. 日整会誌, 59 : 383-395, 1985
- 17) Handa, Y., Ichie, M., Handa, T., Yagi, R. and Hoshimiya, N. : Control of the paralyzed hand by a computer-controlled FES system. Proc 7th Ann Conf IEEE/EMB, 322-326, 1985
- 18) Cooney, W.P., III, An, K.N., Daube, J.R. and Askew, L.J. : Electromyographic analysis of the thumb : A study of isometric forces in pinch and grasp. J Hand Surg, 10A : 202-210, 1985
- 19) Hoshimiya, N., Iijima, K., Futami, R., Handa, Y. and Ichie, M. : A new FES system for the paralyzed upper extremities. Proc 7th Ann Conf IEEE/EMB, 327-330, 1985

- 20) 市江雅芳, 半田 勉, 半田康延, 松下 登, 星宮 望: 母指の動作解析とその機能的電気刺激への応用. 第6回バイオメカニズム学術講演会予稿集, 29-30, 1985
- 21) 市江雅芳, 半田康延, 松下 登, 半田 勉, 星宮 望: 母指の筋電図学的動作解析とその機能的神経筋刺激への応用. 医用電子と生体工学, 24特別号: 272, 1986
- 22) Ichie, M., Handa, Y., Naito, A., Handa, T., Matsushita, N. and Hoshimiya, N.: EMG analysis of the thumb and its application to FNS. Proc 8th Ann Conf IEEE/EMB, 538-540, 1986
- 23) 八木 了, 杉本良洋, 中土幸男, 半田康延, 島田洋一, 小松 繁, 内藤 輝, 市江雅芳, 星宮 望: 機能的電気刺激(FES)による麻痺手の動作. リハビリテーション医学, 21: 235-242, 1984
- 24) Handa, Y., Shimada, Y., Komatsu, S., Naito, A., Ichie, M., Nakatsuchi, Y., Yagi, R., Sugimoto, Y., Iijima, K., Futami, R. and Hoshimiya, N.: Electrically induced hand movements and their application for daily living. Proc 8th Int Symp on External Control of Human Extremities, 169-180, 1984
- 25) Inman, V.T., Saunders, J.B. and Abbott, L.C.: Observation on the function of the shoulder joint. J Bone Joint Surg, 26: 1-30, 1944
- 26) Radonjic, D. and Long, C., II: Kinesiology of the wrist. Am J Phys Med, 50: 57-71, 1971
- 27) Sano, S., Ando, K., Katori, I., Yamada, H., Sampei, H. and Sugahara, R.: Electromyographic studies on the forearm muscle activities during finger movements. J Jpn Orthop Ass, 51: 331-337, 1977
- 28) Kaplan, E.B.: Functional and surgical anatomy of the hand. 1st ed., pp.332-336, J.B. Lippincott Co., Philadelphia, 1953
- 29) Peckham, P.H. and Mortimer, J.T.: Restoration of hand function in the quadriplegic through electrical stimulation. In: Hambrecht, F.T. and Reswick, J.B. (ed.), Functional electrical stimulation: Applications in neural prostheses, pp.83-95, Marcell Dekker, New York, 1977
- 30) Peckham, P.H., Marsolais, E.B. and Mortimer, J.T.: Restoration of key grip and release in the C6 tetraplegic patient through functional electrical stimulation. J Hand Surg, 5: 462-469, 1980
- 31) Peckham, P.H., Mortimer, J.T. and Marsolais, E.B.: Controlled prehension and release in the C5 quadriplegic elicited by functional electrical stimulation of the paralyzed forearm musculature. Ann Biomed Eng, 8: 369-388, 1980
- 32) 半田康延, 小松 繁, 中土幸男, 八木 了, 杉本良洋, 星宮 望: 麻痺上肢への機能的電気刺激. 信州医誌, 31: 389-401, 1983
- 33) 半田康延, 小松 繁, 中土幸男, 八木 了, 星宮 望: 頸髄損傷による麻痺手への機能的電気刺激. 中部整災誌, 26: 9-11, 1983
- 34) 星宮 望, 半田康延, 八木 了: 神経刺激電極. 医用電子と生体工学, 21: 564-570, 1983
- 35) 半田康延, 半田 勉, 中土幸男, 八木 了, 星宮 望: 麻痺手制御のための音声制御型機能的電気刺激システム. 医用電子と生体工学, 23: 292-298, 1985
- 36) 半田康延, 星宮 望: 機能的電気刺激(FES)による麻痺上下肢の制御. 医用電子と生体工学, 24: 1-7, 1986
- 37) Handa, Y., Handa, T. and Hoshimiya, N.: A portable FNS system for the paralyzed upper extremities. Proc 8th Ann Conf IEEE/EMB, 658-660, 1986

(61. 6. 30 受稿)