

氏名	野中 信宏		
学位の種類	博士（保健学）		
学位記番号	甲第 84 号		
学位授与の日付	2022 年 9 月 21 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
学位論文題目	Effect of the Lasso Procedure on Contractile Property of the Flexor Digitorum Superficialis during MP Joint Movement MP 関節運動時の浅指屈筋特性からみた lasso 法の有用性について		
論文審査員	主査	新潟医療福祉大学	教授 大山 峰 生
	副査	新潟医療福祉大学	教授 久保 雅 義
	副査	新潟医療福祉大学	教授 奈良 貴 史

論文内容の要旨

本研究では、手内筋の麻痺で生じるかぎ爪手変形に対し、供与筋として浅指屈筋（Flexor Digitorum Superficialis：FDS）を用いる再建手術である lasso 法の有用性について筋電図学的に検討した。かぎ爪手変形の病態は、主に尺骨神経支配の骨間筋や虫様筋が麻痺することにより、指を伸展する時には MP 関節は過伸展位となり、IP および PIP 関節は屈曲位のままで伸展することができない。また指を屈曲する時には DIP および PIP 関節から屈曲し、次いで MP 関節が屈曲するため指先部と手掌間が密接し、大きな物品を把持することができない。lasso 法は、この変形の矯正および機能再建のための手術法であり、PIP 関節の屈筋である FDS の腱停止部を手術によって変更し、MP 関節の屈筋として働かせ、指伸筋の筋収縮力のみで PIP および DIP 関節を伸展させるものである。このことから lasso 法は骨間筋の再建ともいえる。機能再建を行う筋腱移行術において、良好な手の機能を獲得するためには、供与筋として共同筋、すなわち再建する筋と同期して活動する筋を利用することが望ましいとされる。したがって、FDS が骨間筋と同調して収縮が生じる筋であれば、lasso 法を受けた患者は容易に PIP および DIP 関節を伸展することが可能と考えられる。しかし、これまでのところ、手内在筋の骨間筋の活動時に手外在筋である FDS がどの程度活動するかについては明らかにされていない。そこで本研究では、lasso 法の有用性を検討するために、骨間筋が活動する運動時の FDS の活動特性を筋電図学的に明らかにすることを目的とした。

対象は健常成人 10 名とした。被験筋は右の環指の FDS と環指に働く手内筋の代表筋として第 4 背側骨間筋と第 2 掌側骨間筋を選択し、比較対象として尺側の深指屈筋

(Flexor Digitorum Profundus : FDP) を用いた。いずれもワイヤー電極を用いて筋電図を導出した。運動課題は、環指の MP 関節運動 (タスク A) と把持課題 (タスク B) の 2 種類とした。タスク A は PIP 関節を伸展位に保持させた状態での MP 関節の屈曲、伸展、内転、外転運動課題とした。タスク B は、直径 6cm の円筒を把持し、把持力が 0 から最大に至るまでのリニアランプ負荷課題とした。把持形態は cylindrical grasp (DIP, PIP 関節屈曲から運動を開始する把持) と intrinsic muscle grasp

(DIP, PIP 関節自動伸展位で MP 関節を屈曲して行う把持) の 2 種類とした。得られた筋電図信号はパーソナルコンピューターに取り込み、タスク A においては最大張力が得られた時点前 500msec 区間の筋電図積分値 (integrated electromyogram : IEMG) を全波整流波形から算出した。タスク B においては、発揮把持力の 20% 毎に 500msec 区間の IEMG を算出した。そして、算出した各 IEMG 値は最大随意収縮課題における 500msec 間の IEMG 値で正規化 (Normalized IEMG : NIEMG) した。統計学的検討では、タスク A においては筋ごとに MP 関節運動を要因とした反復測定分散分析を行い、タスク B においては筋ごとに把持形態と把持力を 2 要因とした反復測定分散分析を行った。

その結果、タスク A における FDS の NIEMG の被験者間平均値は、MP 関節屈曲 $56.7 \pm 15.8\%$ 、伸展 $2.4 \pm 1.0\%$ 、内転 $36.9 \pm 12.9\%$ 、外転 $5.8 \pm 4.2\%$ と MP 関節の屈曲および内転運動で高い活動を示し、第 2 掌側骨間筋の活動と同様な傾向が見られた ($p < 0.001$)。タスク B については、FDS の NIEMG は把持形態の違いによる有意差はなく ($P = 0.428$)、FDP が高い活動を示した cylindrical grasp、骨間筋が高い活動を示した intrinsic muscle grasp の両 grasp において、把持力の増大に伴い有意に増加した ($P < 0.001$)。

このような結果から、FDS は MP 関節の屈曲や内転運動を含む日常生活動作においても手内在筋である骨間筋と同期して活動することが示唆され、特に掌側骨間筋とは共同筋の関係にあることが考えられた。一方、FDP においては DIP, PIP 関節が伸展位に保持した場合には、いずれの MP 関節運動も活動性は低く、把持課題の結果からも骨間筋と同調した活動は見られなかった。

本研究では、FDS は FDP とは異なる活動特性を有し、掌側骨間筋と同調して活動する筋であることを明らかにした。この FDS の特性を踏まえると、FDS を用いて MP 関節の屈曲を再建する lasso 法は、術後の機能転換訓練の必要性が低く、かぎ爪手変形に対する再建として有効性が高い再建方法であると結論づけられた。

キーワード：浅指屈筋, Zancolli lasso 法, かぎ爪手変形, 筋電図学的研究

論文審査結果の要旨

本論文は、尺骨神経麻痺によって生じる claw hand 変形に対して実施される lasso 法運動機能再建術の有用性に着目した研究論文である。lasso 法は浅指屈筋 (Flexor Digitorum Superficialis: FDS) を供与筋として、骨間筋の作用である中手指節 metacarpophalangeal: MP) 関節の屈曲と近位指節間 (proximal interphalangeal: PIP) 関節および遠位指節間 (distal interphalangeal: DIP) 関節の伸展機能を再建する手術で、FDS 停止部を一旦切離し、MP 関節掌側の靭帯性腱鞘に再縫着する術式である。claw hand 変形に対して実施される手術法には他にもあるが、lasso 法は手術によって生じる損失が少ないことや、比較的簡便な術式であることから広く用いられており、本法に関する良好な治療成績を示した報告が散見される。しかし、その多くは術後の関節可動域や握力、ピンチ力などの運動機能評価に留まっており、供与筋である FDS の活動がこれらの結果に対しどのように影響したかについては検討されていない。本研究は骨間筋と FDS が共同筋であるといった仮説を基に、FDS と骨間筋との関連性を筋電図学的な手法を用いて検証したものであり、本法の好成績要因を明確にし、本質的な有用性を解明するうえで極めて意義深い研究である。

研究手法では、運動課題として PIP 関節伸展位での MP 関節運動 (屈曲, 伸展, 内転, 外転の 4 種) と cylindrical grasp (DIP, PIP 関節屈曲運動から開始する把持) と intrinsic muscle grasp (DIP, PIP 関節伸展位で MP 関節を屈曲して行う把持) の 2 種類の把持動作を設定している。これらの課題は MP 関節の運動方向毎の明確な筋活動データを獲ることにくわえ、生活上の把持動作を取り入れることによって、より実践的で臨床に即したデータを獲ることにも配慮されており、臨床的見地から非常に興味深いものである。対象筋には環指 FDS, 第 4 背側骨間筋 (4th dorsal interosseus muscle: 4th DI), 第 2 掌側骨間筋 (2nd palmar interosseus muscle: 2nd PI), 尺側深指屈筋 (Flexor Digitorum Profundus: FDP) が選択され、MP 関節運動に関与する虫様筋が含まれていないという問題点はあるが、比較のために手指屈曲機能を持つ FDP も同時に導出し、FDS の特異性を確認しようとした試みは価値が高い。また、これらの筋電図はワイヤー電極で導出しているため各筋のデータの信頼性は高い。

研究結果では、FDS の筋活動は FDP とは全く異なり、主作用である PIP 関節の屈曲が伴わなくても、MP 関節の屈曲運動で最大の 57%、内転運動で 37% の活動が生じ、2nd PI の興奮が高まる運動で活動量が大きくなる傾向を示した。把持課題の筋活動量においては、FDP は cylindrical grasp で、2nd PI および 4th DI は intrinsic muscle grasp で有意に高くなり、これらは把持力の上昇に伴い直線的に増加することを示した。これに対し FDS は cylindrical grasp と intrinsic muscle grasp のいずれの把持動作においても、把持力の上昇に伴い直線的に増大し、最大の 60% 程度まで高まることを明らかにした。これらの結果は、FDS は cylindrical grasp の際は FDP と共に、intrinsic muscle grasp の際は 2nd PI お

よび 4th DI と共に活動する特性を持つ筋であることを明確に示したものであり、新たな知見としての価値は高い。

本研究の考察では、FDS は骨間筋、特に掌側骨間筋と共同筋であり、MP 関節の屈曲や内転運動を含む日常生活動作では骨間筋と同期して活動することを本研究の結果を基に展開され、骨間筋の運動機能を再建する lasso 法は FDS を供与筋として用いるからこそ有用性が高いと強く結論づけている。また、筋腱移行術後のリハビリテーションにおいても言及されており、PIP 関節屈曲の指示がなくても、PIP 関節伸展位を保持しながら MP 関節を屈曲させることで FDS の筋収縮が誘発できることを強調している。即ち、このことは FDS の随意収縮を命じなくても、MP 関節の屈曲指示で骨間筋と同様な運動が獲得できるため、筋再教育訓練などの特別な訓練は必要でないことを示しており、この知見はリハビリテーション領域においても貢献度が高い。この FDS の活動特性と FDS が骨間筋と共同筋であることを解明した本知見は、lasso 法の臨床報告の根拠としてだけでなく、FDS を用いた多くの機能再建術における供与筋の選択やリハビリテーション手技の開発の参考にもなる。今後は、環指以外の示指、中指、小指の FDS、男女間の比較、前腕や手関節肢位による影響の検討、さらには lasso 法を受けた患者の FDS の活動の調査の展開が期待された。

学位論文提出者に対し、本論文の内容について説明を求めると共に、1) 研究動機、2) 臨床的な意義、3) 限界と今後の展開などの関連事項について試問を行った結果、全ての質問に対して適切な解答を得ることができた。また、背景、目的、方法、結果、考察に至る論文の構成やその内容は論理的で、博士論文として十分なものであり、学術的価値および臨床的意義も高く、明確な結論を得ていると判断した。

以上のことから、審査委員会は本論文を博士論文に相応しいと認める。