

ボタンの掛け外しが指に与える影響

－表面筋電図による測定方法の検討－

雙田 珠己・坂本 将基*・金子 美咲**・木村 久美

Effects of fastening and unfastening buttons on fingers: An analysis of experimental methods using a surface electromyogram

Tamami Soda, Masanori Sakamoto, Misaki Kaneko, Kumi Kimura

(Received September 29, 2017)

The purpose of this study was to measure the surface EMG on fingers during fastening and unfastening buttons, and to evaluate muscle activation levels by percentage of maximum voluntary contraction (%MVC). Fifteen normal females, aged 20 to 24 years old, were tested, and %MVC compared for each muscle. As a result, the thenar muscle showed greater activity, 40-45%MVC and the first dorsal interosseous muscle showed around 20%MVC. In contrast, %MVC of the flexor digitorum superficialis muscle was smaller than the other two. However, it was considered not suitable to choose the thenar muscle in experiments assuming persons with disabilities as the subjects, since the sensor easily came into contact with the cloth. The first dorsal interosseous muscle and flexor digitorum superficialis muscle showed %MVC values that were similar in experiments using different subjects, and high repeatability was confirmed.

Key words : thenar muscle, first dorsal interosseous muscle, flexor digitorum superficialis muscle, %MVC (% maximum voluntary contraction), surface EMG

はじめに

近年、著者らは、上肢にまひがある人でも着脱しやすいズボンの設計に取り組み、まひのある人にとって、ボタンの掛け外しが着脱の自立に大きく関わることを明らかにしてきた。ボタンの掛け外しの研究は、被服学の分野では高齢者や幼児を対象に行われ(猪又・中村 1997, Inomata and Simizu 1991)、リハビリテーションの分野でも肩関節炎のある患者を対象とした報告がされている(Dallas MJ and White LW. 1982)。これらの研究の実験手法は、所要時間や感覚評価を中心に行われており、前立てや袖口にボタンを付け、縦穴と横穴で掛け外し操作を行った時の時間を測定し、被験者の感覚評価と照合することが多い。時間は感覚評価との相関が高い重要な項目である。しかし、上肢の筋力が低い人の場合、指の可動域が狭いためボタン操作にかかる時間は個人差が大きい。そのため、被験者の指

先の負担を、時間以外の方法で定量化する方法も必要と考えられた。

一方で、リハビリテーションや運動生理学分野では、日常生活動作における負担を上肢筋活動量で定量化した結果が報告されている(仲川ら 2010, 小椋ら 2011, 屋代・佐藤 2002)。また、スイッチ操作やハサミの使用、スキンケアコットンの持ち方など細やかな動きについても、手指にかかる負担を手部・前腕部の小さな筋で測定し、定量化した結果がいくつか報告されている(橋本ら 2016, 加藤ら 2010, 彭ら 2012)。しかし、衣服のボタンを掛け外す時の筋負担に関する研究成果は、障害者・健常者ともまだ報告されていない。

そこで本研究では、運動生理学を専門とする研究者と協力し、ボタンの掛け外しに関わる手指の表面筋電図(以下、筋電図と表記する)を測定し、筋負担を最大随意筋力(MVC)の相対値(%MVC)で定量化することを試みた。その結果に基づき、上肢にまひのある人が被験者になることも想定して筋の選定を行い、

* 熊本大学教育学部生涯スポーツ福祉課程

** ルーテル学院中学校非常勤講師

計測方法の再現性を確認した。本研究は、実験方法の検討を目的とするため健常者を対象に計測を行ったが、得られた結果は、健常者のボタン操作に関する基礎データとしても活用が期待できる。

方法

1. 実験期間・被験者

実験は2017年3月に行った。被験者は20代の健康な女性(20~24歳)15名で、全員右利きの人とした。

2. 試料

ボタンは、直径18mm厚さ3mmの丸型で、表面が平らな四つ穴ボタン(プラスチック製)である。ボタン穴は直径21mmの縦穴と横穴の2種類とした。まず、ベルト(幅5cm長さ18cm、綿100%斜文織)を作製し、ベルトの端から2cmの位置に、1本に1つずつボタンまたは穴を付けた。また、ボタンは、力ボタンを用いて強度を補強し、糸足を付けてベルトに縫い付けた。

被験者の右手がボタン操作、左手が穴の操作をするようにベルトを配置し、ボタンと穴の中心が、図1のように被験者の前正中心線上でW.L.の位置になるようにセットした。

3. 筋電図の計測

ボタンの掛け外しは、母指と第2指のつまむ動き、第2指~第5指のつかむ動きが操作に影響すると仮定した。母指の屈曲に関する筋として母指球筋、第2指の屈曲に関する筋として第一背側骨間筋、第2~5指の屈曲に関する筋として浅指屈筋を選定した。筋電図は、EMGアンプとアイソレータ(SX230-1000型、PTS-136(株)DKH)を使用し、両手の母指球筋、浅指屈筋、第一背側骨間筋から記録した。このときの周波数帯域は10~1000Hzとし、サンプリング周波数は1000Hzとした。記録した筋電図は、全波整流した後、高域遮断周波数50Hzにて平滑化した。分析は解析ソフトTRIAS Version3.62(株)DKH)を使用した。

4. 実験方法

実験では、まず、選定した筋のMVCを計測した。次に、穴の向きをランダムに選び、前掲の要領でW.L.にベルトをセットし、掛ける→外す順に操作を行った。各操作の筋電図と所要時間を測定し、ビデオ撮影を行った。

5. 実験内容と分析

(1) ボタンの掛け外しにおける%MVCの比較と計測に用いる筋の選定



図1 ボタンの位置

試行中の筋電図の平均値を求めMVCで相対値化して%MVCとし、利き手・非利き手の母指球筋、第一背側骨間筋、浅指屈筋の筋負担を求め、筋活動の特徴を把握する。その上で、上肢にまひのある人の計測にも適用できる筋を選定する。

(2) 計測方法の再現性の確認

異なる被験者で測定した2016年と2017年にデータを対象に、(1)で選定した筋の%MVCについて、年度と穴の向きを2要因とした分散分析(一要因対応あり一要因対応なし)を行い、被験者の違いが実験値の再現性に影響しないことを確認する。

結果と考察

1. ボタンの掛け外しにおける筋負担と計測に用いる筋の選定

表1は、掛ける操作と外す操作について、利き手・非利き手の3種類の筋別に、ボタン穴別(横穴、縦穴)の筋電図量を示し、筋と穴の向きを二要因とした分散分析(対応あり)を行った結果である。また、図2は、掛ける操作・外す操作別に母指球筋、第一背側骨間筋、浅指屈筋の筋電図を示したものである。所要時間の平均(横穴と縦穴の合計/2)は、掛けるが4.04秒、外すは2.74秒であった。 t 検定を行った結果、ボタンを掛ける時間は、外す操作よりも有意に長くかかることがわかった($t(14)=7.479, p<.01$)。表1にみられるように、掛ける・外す操作とも利き手・非利き手の筋の種類に主効果が認められ、多重比較の結果、母指球筋の筋電図量は他の2つよりも大きいことがわかった。特にボタンを掛ける操作では、母指球筋には40~45%MVC程度の負荷がかかっており、図2の波形から母指は常に大きな力を出し続ける状態にあることが確認された。一方、第一背側骨間筋の波形は、掛ける操作で指の動きに合わせた強弱が確認された。ビデオ画像と波形を同期させると、ボタンの縁を穴からつまみ出すような動きで、力を必要とすることがわかったが、第一背側骨間筋にかかる負荷は、平均すると20%MVC前後であった。それに対し浅指屈筋は、3

つの筋の中で筋電図量は少ない傾向を示し、終始弱い力が入った状態で推移していた。さらに、外す操作では、掛けるに比べて時間も短く、各筋の筋電図量の値が小さいことから、指先の筋負担が小さいと考えられた。以上の結果から、ボタン操作時の筋測定では、つまむ動きには母指球筋、つかむ動きには浅指屈筋を選定することが有効と考えられた。

しかし、上肢にまひがある人を被験者として同じ計測を行うことを想定すると、母指球筋の計測について次の2つの課題が示唆された。一つは、母指球筋の筋電図計測は掌にセンサーを付けるため、操作中にセンサーがベルト布と接触しやすいことである。まひのある人は筋力が弱いため、掌をズボンベルトから浮かせて掛け外しをすることが難しい。そのため、ベルト布との接触でノイズの入ることが懸念された。他の一つは、上肢に障害のある人は母指の可動域が小さく、ボタンの掛け外しに母指の関与が少ないことである。まひのある人は、ボタンをつまむことが苦手な人も多く、

表1 筋と穴の種類別筋電図量 (%MVC) の比較

●掛ける (%MVC)

測定部位		横穴	縦穴	
非利き手	母指球筋	45.6	46.0	**
	第一背側骨間筋	19.9	18.4	
	浅指屈筋	16.9	18.8	
利き手	母指球筋	40.6	36.5	**
	第一背側骨間筋	24.8	22.5	
	浅指屈筋	15.6	17.4	

非利き手・利き手別に、3種類の筋と穴の向きの%MVCについて、対応のある二元配置分散分析を行った。その結果、非利き手、利き手とも穴の主効果は認められず、筋に主効果が認められた（非利き手： $F(2,28)=22.23, p<0.01$ 、利き手： $F(2,28)=10.76, p<0.01$ ）。多重比較の結果、非利き手では母指球筋が他の2つの筋よりも%MVCが大きく（ $p<0.01$ ）、利き手では母指球筋が浅指屈筋よりも大きかった（ $p<0.01$ ）。** $p<0.01$

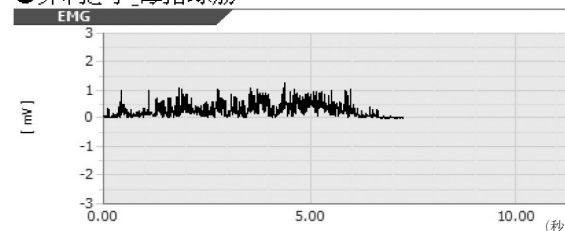
●外す (%MVC)

測定部位		横穴	縦穴	
非利き手	母指球筋	37.3	41.5	**
	第一背側骨間筋	15.6	15.7	
	浅指屈筋	13.6	15.2	
利き手	母指球筋	26.4	26.5	**
	第一背側骨間筋	13.1	14.2	
	浅指屈筋	10.3	10.4	

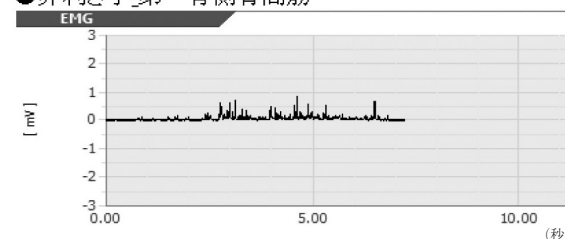
非利き手・利き手別に、3種類の筋と穴の向きの%MVCについて、対応のある二元配置分散分析を行った。その結果、非利き手、利き手とも穴の主効果は認められず、筋に主効果が認められた（非利き手： $F(2,28)=37.90, p<0.01$ 、利き手： $F(2,28)=11.2, p<0.01$ ）。多重比較の結果、非利き手では母指球筋が他の2つの筋よりも%MVCが大きく（ $p<0.01$ ）、利き手でも母指球筋が有意に大きかった（第一背側骨間筋 $p<0.05$ 、浅指屈筋 $p<0.01$ ）。** $p<0.01$ 、* $p<0.05$

【掛ける】

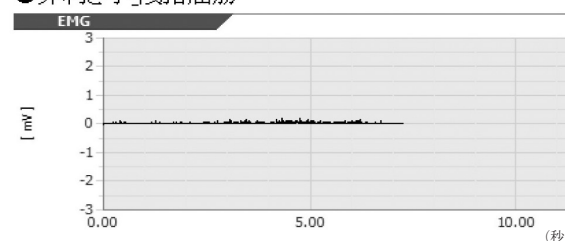
●非利き手_母指球筋



●非利き手_第一背側骨間筋



●非利き手_浅指屈筋

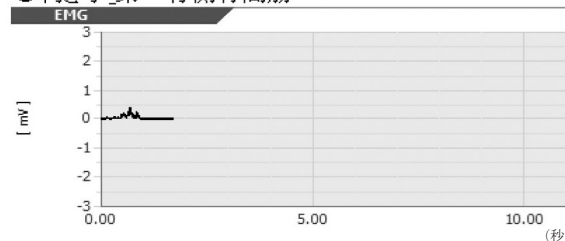


【外す】

●利き手_母指球筋



●利き手_第一背側骨間筋



●利き手_浅指屈筋

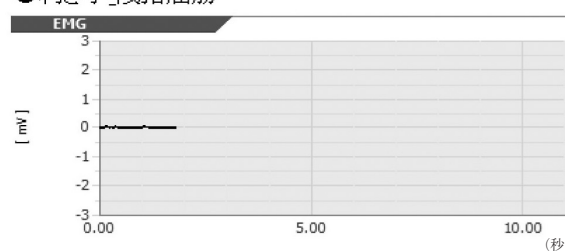


図2 掛ける・外す操作における筋電図

ボタン操作を観察すると、非利き手の母指と第2指は、ボタン穴を広げる操作やベルト布を抑える役割を担い、実際にボタンの操作を行うのは利き手の第2指が多かった。

以上の理由から、つまむ動作に関わる筋としては、指先の動作をよく反映する第一背側骨間筋を選定する方が、幅広い被験者に適用できると考えられた。

2. 計測方法の再現性の確認

第一背側骨間筋と浅指屈筋を選定筋とした測定の実験の再現性を確認するため、異なる被験者で構成された2グループが、2種類の穴について掛け外しを行った。被験者は、ほぼ同じ年齢の女性で全員右利きとし、2016年度の被験者が14名、2017年度の被験者が15名であった。

まず、掛け外しに必要とした時間を2グループで測定し、年度と穴を二要因とした分散分析を行った。その結果、掛ける操作の所要時間は、2016年度の横穴が3.60秒、縦穴が3.09秒、2017年度の横穴が4.26秒、縦穴が3.82秒で、年度による主効果は認められず ($F(1,27)=2.79$, $MSe=2.53$, $n.s.$)、穴による主効果も認められなかった ($F(1,27)=4.11$, $MSe=0.78$, $n.s.$)。また、交互作用も認められなかった。それに対し、外す操作の所要時間は、2016年度の横穴が2.15秒、縦穴が1.71秒、2017年度の横穴が3.08秒、縦穴が2.40秒で、年度による主効果が認められた ($F(1,27)=10.13$, $MSe=0.93$, $p<.01$)。年度の平均値を比較すると、2017年度の操作時間が1%水準で長かった。また、穴についても主効果が認められ ($F(1,27)=8.62$, $MSe=0.20$, $p<.01$)、1%水準で縦穴の操作時間が短かった。この結果は、Inomata (1991) の報告と一致しており、縦穴の方が指に与える負担は少ないと考えられた。なお、交互作用は認められなかった。

次に、両手の第一背側骨間筋、浅指屈筋の筋電図量について、掛け外しの操作に年度、穴の向きを二要因とした分散分析を行った。結果を表2に示す。掛ける操作の場合、非利き手・利き手の第一背側骨間筋と浅指屈筋に、年度間の主効果は認められなかった。また、年度と穴に交互作用も認められなかった。しかし、非利き手の第一背側骨間筋では穴に主効果が認められ ($F(1,27)=6.20$, $MSe=55.23$, $p<.05$)、5%水準で縦穴の筋電図量が少なかった。また、利き手の浅指屈筋でも穴に主効果が認められたが ($F(1,27)=4.60$, $MSe=7.97$, $p<.05$)、5%水準で縦穴の値が大きく反対の傾向を示したことから、選定した筋によって、穴の影響は異なることが示唆された。

同様に、外す操作の場合を分析すると、非利き手・利き手の第一背側骨間筋と浅指屈筋の全てについて、

年度と穴の向きのいずれにも主効果は認められず、交互作用も認められなかった。

以上の結果より、年度(被験者)の違いが掛け外し操作に与える影響をみると、所要時間では外す操作に年度による違いがみられたが、非利き手と利き手の第一背側骨間筋と浅指屈筋の筋電図量には、年度(被験者)の影響はみられなかった。したがって、第一背側骨間筋と浅指屈筋の筋電図量は、実験による再現性が高く、表面筋電図を用いた計測方法と%MVCによる分析は有効であると考えられた。ただし、実際の掛け外しには母指球筋が大きく関与していたので、母指の筋負担も考慮しながら、ボタンの掛け外しを分析する必要がある。母指球筋と第一背側骨間筋の相関は低かったが、母指球筋と相関の高い筋を探し、母指球筋の負担を推計する方法も、検討する必要があると考えられた。

表面筋電図の計測は被験者の負担が少なく、障害者

表2 年度別、穴の違いによる筋電図量(%MVC)と分散分析結果

●掛ける	2016年：N=14 2017年：N=15						
	年度	%MVC		F		多重比較	
		横穴	縦穴	年度	穴		交互作用
非利き手__第 一背側骨間筋	2016	23.95	15.71	0.03	6.20*	2.99	縦穴<横穴*
	2017	19.9	18.41				
非利き手__浅 指屈筋	2016	15.79	13.60	1.64	0.02	3.37	
	2017	16.91	18.81				
利き手__第一 背側骨間筋	2016	17.15	17.88	2.46	0.32	1.23	
	2017	24.79	22.55				
利き手__浅指 屈筋	2016	13.71	15.02	0.53	4.60*	0.14	横穴<縦穴*
	2017	15.57	17.44				

* $p<.05$

●外す	2016年：N=14 2017年：N=15						
	年度	%MVC		F		多重比較	
		横穴	縦穴	年度	穴		交互作用
非利き手__第 一背側骨間筋	2016	14.46	14.62	0.21	0.01	0.00	
	2017	15.58	15.70				
非利き手__浅 指屈筋	2016	11.51	11.85	2.19	0.95	0.39	
	2017	13.65	15.16				
利き手__第一 背側骨間筋	2016	11.05	10.30	0.79	0.01	0.32	
	2017	13.14	14.23				
利き手__浅指 屈筋	2016	8.99	7.72	1.28	0.56	0.84	
	2017	10.28	10.41				

両手の第一背側骨間筋と浅指屈筋について、被験者2グループ(年度)で横穴と縦穴のボタンの掛け外しを行い、%MVCの平均値を比較した(一要因対応あり二元配置分散分析)。その結果、掛ける操作では非利き手第一背側骨間筋と利き手浅指屈筋に主効果がみられた($p<.05$)。多重比較の結果、前者は縦穴<横穴($p<.05$)、後者は横穴<縦穴($p<.05$)で違いがみられた。

掛ける・外す操作とも、年度に主効果はなく、交互作用もみられなかった。また、外す操作では穴にも主効果がみられなかった。

を対象とした計測も可能である。障害者を対象とした実験は症例数が少なく個人差が大きいため、健常者を対照群として分析することが予想される。今後は、健常者の被験者数を増やし基礎データを充実させると同時に、時間と筋活動量の関係、筋活動量と感覚評価の関係について検討したい。

まとめ

(1) ボタンの掛け外しに関わる手部の筋として、母指球筋、第一背側骨間筋、浅指屈筋を選定し、筋負担を筋電図量(%MVC)で比較した。ボタンの掛け外しにおける筋負担は、母指球筋が40~45%MVCで最も大きく、筋電図の波形から、母指球筋には常に大きな負荷がかかっていることがわかった。反対に浅指屈筋は、筋電図量が他の2つに比べて少なく、弱い力が常にかかっている状態であった。第一背側骨間筋は、指の動きに合わせて負荷の変動が大きかったが、平均すると20%MVC程度の負荷がかかっていた。

(2) 上肢にまひがある人のボタン操作の特徴を考慮し、測定時にノイズが入りにくいことを重視して、第一背側骨間筋と浅指屈筋を選定した。被験者の異なる2グループで掛け外しを行い、筋電図量を比較すると、掛ける操作で穴による違いはみられたが、全ての操作で被験者による有意な差はなく、筋電図の計測方法は再現性の高いことが確認された。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号 26350075) によって行われた研究の一部である。

引用文献

- 1) 小椋明子, 森原 徹, 立入久和, 仲川春彦, 木田圭重, 久保俊一, 三浦雄一郎, 福島秀晃, 黒川正夫 (2011) 日常生活動作 (家事動作) における棘上筋・棘下筋活動量の定量化, 肩関節学会, 35 (2), 435-438.
- 2) Dallas MJ and White LW (1982) Clothing fasteners for women with arthritis. *Am J Occup Ther.* 36 (8) 515-8.
- 3) 橋本莉沙, 松尾謙太郎, 石橋基範 (2016) 母指によるスイッチ操作における手部・前腕部の筋負担の評価, 日本大学生産工学部第49回学術講演会講演概要, P-69, 859-860.
- 4) 彭 春栄, 下村義弘, 池山和幸, 勝浦哲夫 (2012) スキンケアコットの異なる持ち方における上肢の筋負担と主観評価, 人間と生活環境, 19 (2), 69-74.
- 5) 猪又美栄子, 中村亜矢子 (1997) 高齢女子の袖口ボタンかけはずし動作, 日本家政学会誌, 48 (6), 531-537.
- 6) Mieko Inomata and Koru Simizu (1991) Ability of young children to button and unbutton clothes, *J.Human Ergol.*,20.249-255.
- 7) 加藤由紀子, 吉野宏志, 加藤象二郎 (2010) 筋電図からみた手部動作に関する研究, 瀬木学園紀要 (4), 102-106.
- 8) 仲川春彦, 森原 徹, 立入久和, 佐々木健太郎, 木田圭重, 岩田圭生, 堀井基行, 久保俊一, 黒川正夫 (2010) 日常生活動作における棘上筋・棘下筋活動量の定量化, 肩関節学会, 34 (3), 599-603.
- 9) 屋代彰子, 佐藤 吏 (2001) 日常生活活動のモデル作業における上肢筋活動量, 九州女子大学紀要, 38 (2,4合併号), 76-90.