

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 多田 美穂子
学位 博士(歯学)
学位記番号 新大博(歯)第191号
学位授与の日付 令和4年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
博士論文名 Electromyographic evaluation of perioral muscle activities during facial expression and button-pull exercise
(表情とボタンプル運動中の口腔周囲筋活動の筋電図による評価)

論文審査委員 主査 教授 山村 健介
副査 教授 早崎 治明
副査 教授 井上 誠

博士論文の要旨

【背景】

ボタンプル訓練は口唇閉鎖不全の子どもの口唇閉鎖操作方法を教えるために開発された。現在、口輪筋などの口腔周囲筋を強化するトレーニング方法として、運動機能が低下している高齢者にも適用されている。しかし、ボタンプル訓練時の口腔周囲筋の活動様式や訓練がもたらす効果について不明な点が多く、訓練の有効性を明確化するためには、生理学的研究によって得られた基本的なデータが必要である。

【目的】

本研究では、口唇閉鎖力増減時、ボタンプル訓練時、および機能的顔面運動時の口輪筋、頬筋を含む6つの口腔周囲筋活動を筋電図学的に比較することで、口唇閉鎖力発現機構の解明ならびに有効な口腔周囲筋訓練方法を見いだすことを目的とした。

【方法】

上・下口輪筋、頬筋、上唇挙筋、下唇下制筋/口角挙筋、および大頬骨筋の6つの口腔周囲筋の筋電図を同時記録しながら被験者に以下のタスクを行わせ、筋活動様式を評価した。頬筋の筋電図記録には我々が開発した電極を使用し、その他の5筋はゲルタイプの表面電極を使用した。

①口唇閉鎖力の発現における各口腔周囲筋の役割を明らかにするため、口唇閉鎖力をゆっくり増減させた時の筋活動と口唇閉鎖力の相互関係を調べた。異なる筋間、課題間での筋活動を比較する際には、最大口唇閉鎖時の活動で規格化した値(AU)を用いた。

②機能的顔面活動として、唇をすぼめる、口角を水平に引く、作り笑顔、母音(/u/および/o/)の発音、強く吹く、吸うの7つのタスクを実行させ、その際の筋活動を比較した。

③大小の2種のボタンを用いてボタンプルを行わせ、最大ボタンプル力と最大口唇閉鎖力の相関関係と、100g~400gの静的荷重でボタンプルを行った際の筋活動を比較した。

【結果】

①強い口唇閉鎖時には、口輪筋と上唇挙筋の筋活動がみられた。最大口唇閉鎖時には、口輪筋や頬筋などの口唇閉鎖筋だけでなく、上唇挙筋、下唇下制筋/口角挙筋でも筋活動がみられた。

②機能的顔面活動では、全ての筋で同時に活動がみられ、特に「強く吹く」のタスクでは、すべての筋の筋活動量が1AUと比較的大きな筋活動であった。また、総筋活動量は「強く吹く」タスクで1AUと最も高く最大口唇閉鎖時と変わらない値で、母音の/o/のタスクが0.4AUと最も低い値であった。

③最大ボタンプル力と最大口唇閉鎖力との間に相関は認められなかった。最大ボタンプル力は、小さいボタンで平均9.25N、大きなボタンで12.19Nであり、大きいボタンが有意に高い結果であった($p=0.0001$)。ボタンに静的負荷を加えると、総筋活動量は負荷が増すごとに増加した。また、同じ静的荷重でボタンプルを行わせた場合、小さなボタンにおいて有意に高い筋活動が認められた($p<0.005$)。

【考察】

①口唇閉鎖力は主に口輪筋と頬筋の協働で発生するが、上唇挙筋・下唇下制筋/口角挙筋・大頬骨筋などの拮抗筋の同時収縮も観察された。これは四肢の運動で伸筋と屈筋が協働して関節を安定化する動作と同様の動作であると考えられた。よって強い口唇閉鎖を行わせることでより多くの口腔周囲筋が活性化されると考えられた。

②機能的顔面活動の「強く吹く」のタスク時においては口輪筋、頬筋の活動量と同じように、拮抗筋である下唇下制口角挙筋、上唇挙筋の活動しており、このタスクにおいても口唇周囲筋が協働していることが確認できた。

③最大口唇閉鎖力と最大ボタンプル力が相関しないことから、ボタンプルの結果から口唇閉鎖力を評価できないと考えられる。

④ボタンに静的負荷を加えると、大小どちらのボタンを使用した場合でも筋活動は負荷が増すごとに増加することは、先行研究と同様の結果であった。しかし筋活動量を比較すると、小さなボタンの方が大きなボタンより多くの筋活動を要することが明らかとなり、筋電図学的には訓練効果は高いと考えられる。

【結論】

ボタンプルは訓練効果を簡便かつ客観的に評価できるという利点がある。しかし筋電図学的には、機能的顔面活動でもボタン訓練と比べて遜色ないことが明らかとなり、「強い口唇閉鎖」と「強く吹く」動作が、口腔周囲筋の効果的でバランスの取れた訓練の候補といえる。

最後に、筋活動と運動効果は直接関係しない可能性があることから、訓練効果を評価するにはさらなる研究が必要である。

審査結果の要旨

口唇閉鎖は、食物の捕食や咀嚼時の食塊形成・移送、嚥下、表情の創出、発話における構音など我々が生きていく上で不可欠な機能を果たす上で重要であり、口唇閉鎖能不全が流涎、取りこぼし、食べこぼし発語障害などの障害をもたらす。口唇閉鎖機能を改善するためのトレーニング法は様々な方法が考案されているが、中でも我が国で広く用いられているのが、ボタンに紐を付け、口唇でくわえたボタンを紐で引く力に抵抗して口唇でボタンを保持するというボタンプル訓練（ボタン引き抜き訓練）である。ボタンプル訓練は、元来口唇閉鎖不全の小儿にボタン引き抜き動作をさせ、その際の唇の感覚とボタンを押さえるために必要な力の関係を学習させる目的で使われてきたが、現在では筋力の衰えた高齢者にも応用され、口輪筋等の口唇閉鎖筋の筋力トレーニングとして用いられている。しかし、ボタンプル訓練の効果についてはいまだ一定の結論が得られておらず、科学的に十分な論拠がないままに介護の現場などで用いられているのが現状である。そのような現状となった大きな理由が口唇閉鎖力発生メカニズムの複雑さである。

口唇閉鎖力発現において主たる役割を果たすのは口唇をとりまわす口輪筋である。しかし口輪筋の両端（起始と停止）は四肢の筋と異なり骨にはなく、口角部のモダイオラスにある。モダイオラスは小臼歯の頬側側に位置する結節で、口輪筋、頬筋のほか口角下制筋、口角挙筋、大頬骨筋、小頬骨筋、上唇挙筋、下唇下制筋、上唇鼻翼挙筋などの筋や頬小帯が集まり厚く結節状となる部位で、口輪筋の収縮による口唇閉鎖力を有効化させるためにはモダイオラスの部位を安定化する必要がある。そのため口唇閉鎖力の発生のメカニズムを解明するためには口輪筋の活動に加え、頬筋およびその他モダイオラスの位置制御に関わる筋の活動を多点同時記録する必要があるが、特に頬筋の筋電図記録が困難であるため、過去にこのような試みは行われてこなかった。

申請者によって行われた本研究は頬筋の筋電図記録のために独自に開発した電極を用いることにより、技術的な困難さを克服した上で、口唇閉鎖力増減時、ボタンプル時に加え、唇をすぼめる、口角を水平に引く、作り笑顔、母音（*u*および*o*）の発音、強く吹く、吸うなど種々の顔面運動時の上・下口輪筋、頬筋、上唇挙筋、下唇下制筋/口角挙筋、および大頬骨筋の筋電図を同時記録することで、口唇閉鎖力発現のメカニズムと有効な口腔周囲筋訓練方法を見いだすことを目的に行われた貴重な研究である。

実験の結果、申請者は①ボタンプル時においては上・下口輪筋に加え、モダイオラスの位置制御に関わる頬筋、上唇挙筋、下唇下制筋/口角挙筋、大頬骨筋全てが活動すること、②ボタンプルの力の増加に伴い、これら筋群の活動も増加すること、③ボタンの大きさが小さい方がボタンプル時大きな筋活動を要すること、④唇をすぼめる、口角を水平に引く、作り笑顔、母音（*u*および*o*）の発音、強く吹く、吸うなどいずれの顔面機能時にも記録したすべての筋が活動したが、行われた動作の中では強く吹く動作が最もボタンプルに類似した大きな活動がすべての筋に認められること、

⑤最大口唇閉鎖力と最大ボタンプル力が相関しないことから、ボタンプルの結果から口唇閉鎖力を評価できないことを明らかにした。

これらの結果をもとに、申請者はボタンプルは訓練効果を簡便かつ客観的に評価できるという利点があるが、筋電図学的には、機能的顔面活動でもボタン訓練と比べて遜色ない活動が惹起され、特に「強い口唇閉鎖」と「強く吹く」動作が、口腔周囲筋の効果的でバランスの取れた訓練の候補であると考察している。

今回の研究は今まで明らかにされてこなかった口唇閉鎖力発現のメカニズムを顔面筋活動の視点から明らかにし、ボタンプル訓練が口輪筋および口唇周囲の筋を効果的に活動させ、機能訓練として有効であることを明らかにした。このことは実際の現場でボタンプル訓練を実施するものに訓練の有効性の根拠を提供するための貴重な知見である。また、強く吹くなどの道具を使わない動作でもボタンプルと同様な筋活動を惹起することも明らかにし、より簡便な口腔周囲筋のトレーニング法の開発にも繋がると考える。

以上のような審査の結果を踏まえ、申請者が提出した論文は歯学の発展に寄与するところがあり、申請者である多田氏は歯学研究者としての資質を十分に備えていると認められたこと、また、論文内容に関する試問に対しても十分な回答を得ることができたことから、博士（歯学）の学位を授与するにふさわしいと判断した。