

パーキンソン病の嚥下障害に対する超音波療法の効果検証

—舌骨下筋に対する温熱効果は嚥下効率を改善させる—

内田 学¹⁾ 山口 育子¹⁾ 月岡 鈴奈²⁾
桜澤朋美²⁾ 真鍋祐汰²⁾ 加藤宗規³⁾

¹⁾ 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

²⁾ 石神井台特別養護老人ホーム秋月リハビリテーション科

³⁾ 了徳寺大学健康科学部理学療法学学科

Ultrasound treatment for swallowing difficulty in Parkinson's disease

—thermotherapy to the infrahyoid muscles improves the deglutition efficiency—

Uchida Manabu¹⁾ Yamaguchi Ikuko¹⁾ Tsukioka Reina²⁾
Sakurazawa Tomomi²⁾ Manabe Yuuta²⁾ Katou Munenori³⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, University of Tokyo Health Sciences

²⁾ Department of Rehabilitation, Special elderly nursing home, Shugetsu

³⁾ Department of Physical therapy, Faculty of Health Science, Ryotokuji University

Abstract : Objective: The objective was to study ultrasound treatment for patients with Parkinson's disease who are experiencing swallowing difficulties.

Subjects: The subjects were 16 patients with Parkinson's disease who had been admitted to facilities and who presented swallowing difficulties.

Method: We implemented ultrasounds on infrahyoid muscles. A surface electromyographical analysis, modified water swallow test, relative larynx position, and frequency of dominant aspiration were compared before and after intervention. For the surface electromyogram analysis, We measured the average amplitude and the deglutition time of the masseter muscle, musculus digastricus, and musculus thyrohyoideus.

Results: Significant differences were found in the average amplitude of the musculus digastricus and musculus thyrohyoideus, Time lag of the musculus digastricus contraction and musculus thyrohyoideus contraction, contraction time of the musculus digastricus and musculus thyrohyoideus, relative larynx position, modified water swallow test, and frequency of dominant aspiration.

Conclusion: Ultrasound on infrahyoid muscles controls high-stripe tension rigidity and has an positive effect on the deglutition function.

Key Words : infrahyoid muscles, thermotherapy, rigidity

要旨：【目的】パーキンソン病患者の嚥下障害に対する超音波療法の効果を検証した。【対象】施設入所中の嚥下障害を呈したパーキンソン病患者16名であった。【方法】舌骨下筋に対して超音波を実施した。介入前後で表面筋電図学的解析、改訂水飲みテスト、相対的喉頭位置、顎性誤嚥回数の比較を行った。表面筋電図学的解析は咬筋、頸二腹筋、甲状腺筋の平均振幅と嚥下時間を測定した。【結果】頸二腹筋と甲状腺筋の平均振幅、頸二

腹筋と甲状舌骨筋の収縮ラグ、頸二腹筋と甲状舌骨筋の収縮時間、相対的喉頭位置、改訂水飲みテスト、顕性誤嚥回数において有意差が認められた〔結語〕 代表的な嚥下障害に対しての介入は舌骨上筋の筋萎縮に対して実施される手法であるが、舌骨下筋に対する超音波が異常な筋緊張である固縮を抑制し嚥下機能に対して効果的な作用を構築することが明確になった。

キーワード：舌骨下筋、温熱療法、固縮

I. はじめに

パーキンソン病 (Parkinson disease: 以下 PD) は中脳黒質のドバミン作動性有色素神経細胞が脱落し、線条体でのドバミン消失によって安静時振戦・筋固縮・無動・姿勢反射障害等の症状が現れる。山本¹⁾によると PD 患者の死因の20~25% は肺炎で、肺炎の発症のリスク因子として誤嚥は重要であると報告されている。PD 患者の嚥下障害は予後に関係する重要な因子であり、経過中90~100% にみられると言われている²⁾。咽頭期における正常な嚥下運動は、咬筋と舌骨上筋の共同収縮の後に舌骨下筋が収縮するが、この順序性により喉頭を円滑に挙上させ喉頭蓋を閉鎖させる³⁾。PD 患者の嚥下障害は、嚥下運動のどの期にも異常が出現するが特に咽頭期の食物輸送が障害され、咽頭での食物通過時間は延長することが報告⁴⁾されている。そのため、液体のように咽頭での通過が速い食物の嚥下では、しばしば嚥下反射の開始が遅れる傾向がある。

PD 患者の嚥下障害を改善させる治療法としては一般的に薬物療法が選択され、L-dopa 治療などが代表的に用いられている。しかし、この治療効果は口腔期の異常を改善することは可能であるが、食物移送に関与する咽頭期の異常に対しては効果が不十分で⁵⁾、間接的な介入として摂食・嚥下リハビリテーションが併用されている。摂食・嚥下リハビリテーションの代表的な治療法は Shaker exercise やメンデルソン手技であり、PD の嚥下障害に対しても治療成績としては有効なことがある⁶⁾。これらの介入効果は、舌骨上筋に対する筋力増強が目的であり、主として頸二腹筋などの筋萎縮に対して実施される介入法である。PD 患者の嚥下障害はドバミン欠乏による咽頭や喉頭筋群の固縮によって咀嚼や嚥下、喉頭蓋の閉鎖不全が起こると言われている⁷⁾にも関わらず嚥下筋の筋力を焦点にした介入が実施されているのが現状である。筆者ら⁸⁾は、誤嚥を呈する患

者の嚥下時における舌骨上筋と舌骨下筋の協調性について検討し、その中で、喉頭挙上を抑制する因子は舌骨下筋の過剰収縮であることを報告してきた。特に、PD では姿勢反射障害として体幹の前傾前屈姿勢が表れやすく、頸部も前屈姿勢を示すなど構造上の異常が目立つ。舌骨下筋の緊張性増大は喉頭を下制させる作用となり、嚥下時に喉頭を挙上させることに対して不利に働くことが予想されている。従来、実施されているメンデルソン手技などは、舌骨上筋に対する介入であることから先行研究のような舌骨下筋に問題を生じている PD には効果的に作用しているとは言い難い。Diane らは PD の固縮に対して、ドバミンの補充療法に加え、温熱や他の一般的抑制法を用いて筋トーネスを一時的に減少させることで、患者は特定の動作を達成できる⁹⁾と述べている。すなわち、咽頭や喉頭の構造や嚥下運動に問題を生じている PD 患者に対して、Shaker exercise などの舌骨上筋に限定した介入ではなく舌骨下筋の固縮を抑制し、相対的に喉頭の位置が上昇するような介入の検討が必要である。

本研究は、PD 患者の嚥下障害に対して嚥下障害の発生機序を考慮した適切な介入方法を検討することを目的とする。具体的には、舌骨下筋（甲状舌骨筋）に対する温熱刺激を超音波療法 (Ultra sound: 以下 US) にて実施し、固縮の緩和が咽頭や喉頭の構造や機能を改善させ、嚥下クリアランスに寄与するかどうかについて検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、介護老人福祉施設に入所中の高齢者で PD と診断され日常的に嚥下障害を呈している者16名（男性7名、女性9名）とした。PD の診断基準¹⁰⁾は、①パーキンソニズムがある。②脳 CT 又は MRI に特異的異常がない。③パーキンソニズムを起こす

薬物・毒物への曝露がない。④抗パーキンソン病薬にてパーキンソニズムに改善がみられる。以上4項目を満たした場合であり、本研究では主治医により診断された者を対象とした。平均年齢は 74.3 ± 4.7 歳、平均体重は 50.3 ± 3.6 Kg、平均身長は 153.2 ± 4.6 cmであった。対象の基準は、①重度の認知障害や意識障害がない（MMSE24点以上）、②自律神経障害がない（Hoen&Yahr stage V未満）、③頸部固縮が認められる（相対的喉頭位置49%以下）者とした。

対象には書面にて研究に対する趣旨を説明し、研究に賛同していただく意思を同意書にて交わした者を対象とした。

2. 方法

PD患者に対するUSの効果判定を行うために、介入前後の測定項目の差について比較検討を実施した。

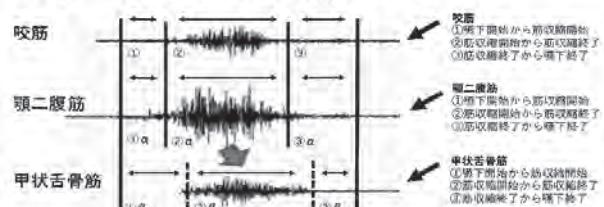
介入として、甲状腺筋を対象筋としてUSを実施した。USの出力条件は、Dianeら⁹⁾により固縮の抑制効果が検証されている条件で実施した。介入統制として、出力周波数は3MHzとし、照射時間率は、照射時間 / (照射時間 + 休止時間) で設定し50%とした。USの平均強度 (W/cm^2) に対する最大強度の比を表すビーム不均等率 (Beam Non-Uniform Ratio: BNR) は $3.5 \pm 30\%$ 、治療頻度は3回/週 × 2セット（合計6回）で治療介入は昼食前である11時から12時の間に10分間実施した。USは、オルタソニック（酒井医療株式会社製ALT-2000）を使用し、3MHz専用プローブにて回転法を10分間実施した。

測定項目としては、嚥下機能を評価するために改訂水飲みテスト¹⁰⁾ (modified water swallow test: 以下MWST)、相対的喉頭位置、嚥下時における嚥下関連筋の表面筋電図学的解析、食事摂取時に出現する顎性誤嚥の回数を測定した。

表面筋電図は、嚥下の機能評価として代表的に用いられる咬筋、頸二腹筋と甲状腺筋を被検筋とし、嚥下時に発生した各筋の平均振幅と嚥下活動時間を測定した。測定はコードレス筋電計: MQair (キッセイコムテック社製) を用い、A/Dコンバータを介してサンプリング、1,000Hzにてデータ信号をパソコンコンピュータに取り込んだ。取り込んだ信号は、ソフトウェア (BIMUTAS II) にて筋活動

を測定した。電極部位は咬筋（頸関節上）、頸二筋前腹部（下頸頭から2cm左右外側下方）、甲状腺筋筋腹部（舌骨から2cm下方）とし、皮膚処理材 (Nuprep Skin Prep Gell) を用いて十分に前処置を行った後に記録電極 (Blue Sensor NF) を貼付した。頸部の屈曲、伸展運動を行わせ筋電が頸部の運動に関与していないことを確認し、嚥下時のみに活動がみられることを事前に確認した。測定条件は、冷水3mlを被験者の口腔底に注ぎ任意のタイミングで嚥下を行う自由嚥下を条件とした。嚥下筋の筋活動は不随意運動で起こっているため、等尺性収縮での測定が困難である。なおかつ嚥下活動の時間に影響を受けることから平均振幅を参考値とした。嚥下時間は、測定時に咽頭部の運動をビデオカメラ (HC-VX985M: panasonic 製) にて撮影し、映像と筋電図を同期させ喉頭拳上の開始点から喉頭下制の最終点までの総嚥下時間を求めた。頸二腹筋と甲状腺筋の協調性について質的に検討するために、筋電図から得られるそれぞれの活動電位と実際の喉頭拳上運動を画像にて同期させ、各筋活動にかかる時間を詳細に分析した（図1）。条件付けとして、咬筋の収縮様式は、嚥下運動開始から筋収縮開始までの時間を①、筋収縮開始から筋収縮終了までの時間を②、筋収縮終了から嚥下運動の終了までの時間を③とした。頸二腹筋の収縮様式は、嚥下運動開始から筋収縮開始までの時間を①α、筋収縮開始から筋収縮終了までの時間を②α、筋収縮終了から嚥下運動終了までの時間を③αとした。甲状腺筋の収縮様式は、嚥下運動開始から筋収縮開始までの時間を①β、筋収縮開始から筋収縮終了までの時間を②β、筋収縮終了から嚥下運動終了までの時間を③βとした。同一試験における嚥下運動での頸二腹筋と甲状腺骨

健常者の正常な嚥下パターン



両筋の協調性
舌骨上筋→舌骨下筋

図1 咬筋、頸二腹筋、甲状腺筋の活動時間測定

筋の収縮開始時間の差を収縮ラグと定義した。相対的喉頭位置は、吉田ら¹¹⁾の研究を参考にテープメジャーを用いてオトガイ～甲状軟骨間距離(GT)、甲状軟骨～胸骨間距離(TS)を実測で計測し喉頭の位置を(GT/(GT+TS))の式から比率で算出した。介入前後の評価を実施する時間は、施設内でのL-DOPAの服薬時間が9時であり、パーキンソン症状が出現していない10時から12時の間に統制して実施した。両足底面が床に接触する椅子座位、もしくは車椅子座位にて体幹、頭頸部を中間位に保持することを測定条件とした。MWSTは、先行研究¹⁰⁾を遵守し冷水3mlを口腔内に入れて嚥下をしてもらい、嚥下反射の有無、咽込み、呼吸の変化などを評点し同一検者が測定を実施した。

US介入前にすべての測定を実施し(介入前群)、USを介入した2週間後に再測定を実施した(介入後群)。

統計的手法としては、US実施前後の両群におけるMWST、相対的喉頭位置、筋電図学的解析、顎性誤嚥回数について対応のあるt検定を実施した。有意確率は5%未満とし統計ソフトはIBM SPSS Statistics ver24を用いた。

倫理的配慮として、本研究は東京医療学院大学研究倫理委員会の承認(17-37H)を受けている。

本研究におけるCOIはない。

III. 結果

各測定項目の結果を表1に示す。結果については平均値±標準偏差で表記する。

各項目の結果は介入前、介入後の順に記載する。相対的喉頭位置は、54.0±8.6%、44.3±7.3%であり介入後は有意に低値を示した。MWSTでは3.67±0.84、4.44±0.71であり、介入後は有意に高値を示した。収縮時間では咬筋①で0.43±0.25秒、0.29±0.24秒、咬筋②で0.86±0.27秒、0.60±0.51秒、咬筋③で0.48±0.41秒、0.40±0.25秒、頸二腹筋①で0.57±0.28秒、0.37±0.23秒、頸二腹筋②0.78±0.24秒、0.62±0.61秒、頸二腹筋③で0.43±0.31秒、0.30±0.21秒、甲状舌骨筋①で0.62±0.35秒、0.60±0.47秒、甲状舌骨筋②で0.87±0.26秒、0.52±0.30秒、甲状舌骨筋③で0.28±0.23秒、0.17±0.15秒、全体時間で1.77±0.53秒、1.28±0.75秒、1.28±0.75秒であった介入後における。頸二腹筋

表1 測定結果

	介入前	介入後	
相対的喉頭位置(%)	54.0±8.6	44.3±7.3	*
MWST	3.67±0.84	4.44±0.71	*
顎性誤嚥回数(回)	5.8±2.1	2.1±1.5	*
収縮時間(sec)			
咬筋①(sec)	0.43±0.25	0.29±0.24	
咬筋②(sec)	0.86±0.27	0.60±0.51	
咬筋③(sec)	0.48±0.41	0.40±0.25	
頸二腹筋①(sec)	0.57±0.28	0.37±0.23	
頸二腹筋②(sec)	0.78±0.24	0.62±0.61	*
頸二腹筋③(sec)	0.43±0.31	0.30±0.21	
甲状舌骨筋①(sec)	0.62±0.35	0.60±0.47	
甲状舌骨筋②(sec)	0.87±0.26	0.52±0.30	*
甲状舌骨筋③(sec)	0.28±0.23	0.17±0.15	
全体(sec)	1.77±0.53	1.28±0.75	
収縮ラグ(sec)	0.06±0.16	0.23±0.32	*
平均振幅(μV)			
咬筋(μV)	0.05±0.02	0.04±0.02	
頸二腹筋(μV)	0.07±0.03	0.02±0.01	*
甲状舌骨筋(μV)	0.06±0.02	0.02±0.01	*

* p < 0.05

②と甲状舌骨筋②は有意に低値を示した。頸二腹筋と甲状舌骨筋の収縮ラグでは0.06±0.16秒、0.23±0.32秒で、介入後は有意に高値を認めた。筋活動の平均振幅では、咬筋で0.05±0.02μV、0.03±0.01μV、頸二腹筋で0.06±0.02μV、0.02±0.01μV、甲状舌骨筋で0.05±0.02μV、0.02±0.01μV、であり頸二腹筋の介入後は有意に低値を示した。食事中に発生する顎性誤嚥回数は、5.8±2.1回、2.1±1.5回であり、介入後は有意に低値を示した。

IV. 考察

A. PDに発生する嚥下障害について

パーキンソン病治療ガイドライン2011¹⁰⁾の中でも嚥下障害に対するリハビリテーションの推奨度はC1であり、科学的根拠に欠けると報告されている。従来から実施されているShaker exerciseやメンデルソン手技などに加えて口腔や舌運動などに焦点を合わせた嚥下体操などが行われているものの、いずれも効果的が得られないという報告¹²⁾が多い。

筆者ら¹³⁾は誤嚥を呈するPDが嚥下時に生じる舌骨上筋と舌骨下筋の協調性の異常について検討している。その中でPDの嚥下障害に見られる喉頭の下制

は、拳上させる舌骨上筋の拮抗筋である舌骨下筋の固縮による過剰な同時収縮であると報告した。拮抗筋の同時収縮について、升ら¹⁴⁾は運動時に主動作筋と拮抗筋が同時に収縮することで関節のスティフネスを向上させ、関節運動の安定性を高めると報告している。嚥下時の舌骨の拳上に作用する頸二腹筋の筋力を代償するために拮抗筋である甲状舌骨筋を同時に収縮させ関節運動の安定性を高めているものであると推察された。PDに発生する嚥下障害は、単に舌骨上筋の筋力低下と判断するべきではなく、協調性についても検討する必要があるものと考えられる。

B. PD の嚥下障害に対する US の効果について

本研究では、固縮に支配された舌骨下筋の筋緊張を緩和させるためにUSを介入手法として実施した。

梶野¹⁵⁾らは、固縮などの異常筋緊張状態は強縮を伴うことで熱力学が減少した状態であると述べており、これらの障害筋に対する理学療法は、筋に対し温熱を与えるか、力学的、化学的あるいは電気的仕事を加え、少くとも筋の内部エネルギーを増加させる方向に介入しなければならないと述べている。USは生理的效果として鎮痛・血流増加・筋力強化・筋攣縮（固縮・痙攣）の減少などがあると報告¹⁶⁾されている。

本研究の結果より、USの実施はMWST、相対的喉頭位置、顕性誤嚥回数、頸二腹筋②と舌骨下筋②の平均振幅、頸二腹筋と甲状舌骨筋の収縮ラグに差を認めた。これらはUSの効果である温熱作用が固縮を緩和させ筋緊張を軽減することにより咽頭レベルの運動性を改善させたものと推察される。

嚥下を円滑に行う為に必要な喉頭の位置は相対的に49%以下と報告²⁰⁾されているがUS後は44.3±7.3%まで改善している。これらのことからもUSによる舌骨下筋の筋緊張緩和が喉頭を下制させる作用を減弱させることが示唆された。

喉頭の位置変化に伴い頸二腹筋と甲状舌骨筋の収縮ラグも開大した。それぞれの筋においても平均振幅が有意に低値を示し、同時収縮を呈していたことによる努力的な嚥下クリアランスも改善し、頸二腹筋と甲状舌骨筋の収縮時間が有意に低値を示した。この結果からも代償的に作用する舌骨下筋の過剰収縮が緩和することで嚥下の機能性は改善しているこ

とが推察される。結果的に食事中に発生する顕性誤嚥回数も減少しており、甲状舌骨筋に対するUS介入はPDに発生する嚥下障害に対して効果的に作用するものであると考えられた。

C. PD に合併する嚥下障害のとらえ方について

一般的に発生する嚥下障害の原因として、舌骨上筋の筋力低下やそれに伴う相対的喉頭位置の低下などが問題視されている。PDに発生する嚥下障害に対しても同様の問題点として捉えられている傾向がある。今回の結果より、PD患者の嚥下障害に対して相対的喉頭位置を確認したうえで舌骨上筋と舌骨下筋の詳細な評価を実施する評価的重要性と、固縮の抑制を目的とした治療介入の重要性が示唆された。USは理学療法介入手段の一つであり、今後も咽頭レベルの運動を改善させる介入方法について検討する必要性がある。

D. 研究の限界と今後の展望

今回は対象が16名と非常に少なくPDの特徴を捉えた結果になっているとは言い難い。今後、対象者を増やし更に検討を重ねる必要がある。

PDは姿勢異常が起りやすい疾患であるにも関わらず本研究では体幹と頸部の位置関係について考慮ができなかった。嚥下機能に咽頭がどのような位置にあるかは重要な指針であることから、将来的に頭頸部と体幹の構造的特徴と嚥下機能の関連性について検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 山本敏之：パーキンソン病の摂食・嚥下障害とその治療、コミュニケーション障害学 30、84-88、2013。
- 2) 日指志乃布：PDにおける嚥下障害 56:550
- 3) 清村紀子、工藤二郎：機能障害からみたからだのメカニズム、医学書院、p116-119、2014
- 4) 青柳陽一郎：摂食嚥下障害における神経生理学的評価。The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 53 (6) : 479-483, 2016.
- 5) 山本敏之：筋萎縮性側索硬化症、PDに対する嚥下障害の評価と対策臨床神経2011;51:1072-1074
- 6) Nagaya, M, Kachi, T, Yamada, T. Effect of swallowing training on swallowing disorders in Parkinson's disease. Scandinavian / journal of Rehabilitation Medicine. 32(1), 11-15, 2000.
- 7) 矢野成昭：パーキンソン病患者への対応のポイント、魁

- 成会介護老人保健施設こんにちわセンター月刊薬事 59 (9): 1827-1830, 2017。
- 8) 内田学、林大二郎、加藤宗規：脳血管障害に合併する誤嚥症状の病態特性—US画像診断装置を用いた食道機能と自律神経機能との関係性—。Journal of Clinical Welfare10(20): 101-105, 2013.
- 9) Michelle H.Cameron: EBM 物理療法原著第 4 版医歯薬出版株式会社 p.105 2015。
- 10) パーキンソン病治療ガイドライン作成委員会編：パーキンソン病治療ガイドライン2011（日本神経学会監修）、医学書院、東京、2011。
- 11) 小口和代、才藤栄一、水野雅康、他二機能的嚥下障害スクリーニングテスト「反復唾液嚥下テスト」の検討（1）正常値の検討 リハ医37: 375 – 382、2000。
- 12) 英智左江、神成友香、谷領、山口汐里、十川純光、石川春香：嚥下障害を呈するパーキンソン病患者に対する嚥下体操の有用性、日本慢性期医療協会誌 JMC 25(3): 72-75, 2017。
- 13) 内田学、山口育子、加藤宗規：嚥下筋の協調性に着目した機能評価—誤嚥を呈する患者の相対的喉頭位置と嚥下筋の筋電図学的解析—、臨床福祉ジャーナル 13: 62-66, 2016。
- 14) 升、ほか：膝関節屈曲—伸展動作における主動筋と拮抗筋の同時収縮局面の分析。日本スポーツリハビリテーション学会誌 2014; 3:11-17。
- 15) 梶野宗幹、斎藤幾久次郎：筋異常状態および理学療法の熱力学的考察、日本温泉気候物理医学会雑誌43:109-113、1980。
- 16) 山下敏彦、竹林庸雄・他：腰部変性疾患に対する理学療法・薬物療法。痛みと臨床。2003 3: 42-49。
- 17) 吉田剛、内山靖、熊谷真由子：喉頭位置と舌骨上筋群の筋力に関する臨床的評価指標の開発およびその信頼性と有用性、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌 7 (2) :143-150、2003。

受付日：2018年8月28日

受理日：2018年10月23日