

学位論文

筋萎縮性側索硬化症患者における
最大舌圧と嚥下機能との関係

学位申請者 平岡 綾

広島大学大学院医歯薬保健学研究科

医歯薬学専攻

(主指導教員：津賀一弘教授)

2016年

筋萎縮性側索硬化症患者における最大舌圧と嚥下機能との関係

平岡 綾

Relationship between maximum tongue pressure and swallowing function in ALS patients

Aya Hiraoka

緒言

筋萎縮性側索硬化症（ALS）は随意筋を支配する上位運動ニューロンと下位運動ニューロンの両方が障害される進行性の神経変性疾患であり，発症機序によって四肢麻痺発症型と球麻痺発症型に分類される。有病率は人口 10 万人あたり 7.0 - 8.5 人とまれな疾患ではあるものの¹⁾，現在日本全国に約 9000 人の患者が存在するとされている²⁾。患者の多くは発症から 3 - 5 年以内に呼吸不全で死亡する一方³⁾，1 割程度は発症後 10 年以上にわたって生存していることが報告されており⁴⁾，個々の患者の進行に応じた対応が求められる。ALS の特徴は四肢麻痺発症型，球麻痺発症型ともに，四肢の筋力低下や筋萎縮ならびに球麻痺症状の発現である。球麻痺症状には摂食嚥下障害，構音障害ならびに舌筋の萎縮など口腔と関係する症状が多く認められる。

ALS の摂食嚥下障害の原因は，上位運動ニューロンが障害されることによっ

て引き起こされる舌運動の緩慢さや嚥下反射の惹起遅延ならびに下位運動ニューロンが障害されることによって引き起こされる口腔・咽頭の筋力低下や神経原性の筋萎縮である。患者の多くは意識，感覚ならびに認知機能は終末期まで保たれていることから，摂食嚥下障害は患者の QOL を著しく低下させることが報告されている⁵⁾。また，摂食嚥下障害は栄養不良を引き起こし⁶⁾，栄養不良は生命予後が不良となるリスクファクターであることが報告されている⁷⁾。さらに，普通の食事を摂取していても摂取量の問題や代謝障害等により栄養指標の低下している者が多いとされており⁸⁾，摂食嚥下障害の管理を行うことが，ALS 患者の QOL と生命予後の改善につながるものになると期待されている。

ALS の摂食嚥下障害は，球麻痺発症型では病状の発症とともに摂食嚥下障害が発現し，急速に悪化していくのに対して，四肢麻痺発症型の摂食嚥下障害はほぼすべての患者に必発するものの，その時期を予測することは困難であり，またその進行もさまざまであることが報告されている⁹⁾。ALS の摂食嚥下障害の治療は，従来このような進行末期における経管栄養や呼吸器管理に重きがおかれていたが，最近では，軽度または中等度の摂食嚥下障害では食形態の変更が栄養管理および誤嚥予防において有効であること¹⁰⁾や，初期の摂食嚥下障害で舌接触補助床を使用することが ALS 患者の QOL 改善に寄与するといった報告が見受けられるようになった¹¹⁾。これらのことは，摂食嚥下障害の初期に歯科が介入することで，ALS 患者の摂食嚥下機能，ひいては QOL を維持できる可能性があるものと考えられる。

摂食嚥下は，先行期，準備期，口腔期，咽頭期，食道期の 5 期に分類され¹²⁾，ALS の摂食嚥下障害の初期では，準備期から口腔期が主として障害され，とりわけ舌機能の低下が認められることから¹³⁾，舌の筋力低下が初期の摂食嚥下障害の主たる原因であることが明らかとなっている⁹⁾。また中等度の摂食嚥下障害

である口腔および咽頭期の障害も口腔や咽頭の筋力低下および筋萎縮が原因であることが報告されている¹⁴⁾。舌はその形状変化を行う内舌筋と位置変化に関与する外舌筋により構成された筋組織であり、舌下神経によって支配されている¹⁵⁾。ALS は運動神経であるこの舌下神経を障害することで神経原性の舌萎縮を引き起こす^{16, 17)}。舌に萎縮が認められた場合、舌運動が低下したり、口腔咽頭腔が広くなったりして誤嚥や喉頭侵入が生じやすくなる^{18, 19)}。このことから、舌の筋力低下を把握することで、ALS 患者の摂食嚥下機能を早期に発見できる可能性があるものと考えられる。

舌圧測定検査は舌の筋力を定量評価するために開発された検査法である²⁰⁻²²⁾。舌圧とは口に取り込んだ食品を舌が口蓋前方部との間でつぶす力と定義されており、舌運動²³⁾や舌の筋量²⁴⁾をよく反映していることが報告されている。ALS 患者では、誤嚥や喉頭侵入が認められた者の最大舌圧が認められなかった者と比較して有意に低下していたことや²⁵⁾、病態の進行に伴い舌圧が低下していることが報告されている²⁶⁾。しかしながら、ALS 患者の最大舌圧と摂食嚥下機能との関係を詳細に検討し、摂食嚥下障害の早期発見と対応に資する方法は未だ確立されていない。そこで本研究では、ALS 患者の最大舌圧と摂食嚥下機能の関係を検討することにより、摂食嚥下機能評価における舌圧検査の有用性について明らかにすることを目的とした。

方法

研究 1 横断調査：ALS 患者の最大舌圧と嚥下機能の関係

1. 対象者

本研究の対象者は、四肢麻痺発症型 ALS 患者 25 名（男性 11 名，女性 14 名，平均年齢 61.8 ± 9.5 歳）とした。対象者の罹患期間は 5 - 91 ヶ月であった。全ての対象者は改訂 El Escorial 診断基準²⁷⁾に基づき主治の神経内科医により ALS と診断された。なお，研究 1 および後述研究 2 を実施するにあたり，微風会ビハーラ花の里病院倫理委員会の承認（第 11 号）を得て，対象者あるいはその家族に対して研究目的と内容を十分に説明した上で書面にて同意を得た。

2. 評価項目

2 - 1. 改訂 ALS 機能評価スケール

ALS の機能評価は，改訂 ALS 機能評価スケール²⁸⁾を用いて主治の神経内科医により行われた。改訂 ALS 機能評価スケールは ALS 患者の日常生活活動を評価するもので，次の 12 項目で構成される：球麻痺症状（言語，唾液，嚥下），上肢の ADL（書字，食事用具の使い方や指先の動作，着衣や身の回りの動作，寢床での動作），下肢の ADL（歩行，階段昇降），呼吸状態（呼吸困難，起座呼吸，呼吸不全）。本研究では球麻痺症状の 3 項目のみを使用した球麻痺スコアを算出し，以下の分析に用いた。

2 - 2. 最大舌圧

最大舌圧の測定には JMS 舌圧測定器TM（TPM-01，JMS，広島）を用いた。

Hayashi らの方法²²⁾と同様にバルーンを口腔内に挿入し、舌圧プローブのパイプ部を上下顎中切歯にあて、口唇を閉鎖させた状態で口蓋前方部に位置づけたプローブ受圧部を舌で口蓋皺壁に最大の力で押しつけるよう指示した(図1)。1回の測定は7秒間行い、1分間の休憩を挟んで3回行った。3回の測定の中から最大値を代表値とした。

2-3. ビデオ嚥下造影検査(VF)による嚥下動態の評価

試験食品には硫酸バリウム(バリコンミールTM, 堀井薬品工業, 大阪)を混和したヨーグルト3.0gを用いた。被験食品はスプーンを用いて検者が対象者に与え、車椅子もしくは椅子に座った状態で嚥下するよう指示した。座位保持が困難な者は研究対象から除外した。撮像範囲は口唇を前方、咽頭壁を後方、鼻腔を上方、上部食道入口部(Upper esophageal sphincter, UES)を下方とする側面VF画像を30フレーム/秒でデジタルビデオに記録した。定性的評価では、誤嚥もしくは喉頭侵入、口腔内ならびに咽頭内残留の有無を観察した。なお、口腔内ならびに咽頭残留は、1回嚥下後の残留の有無を評価した(図2)。また、ヨーグルトを一塊として送り込めない食塊形成不良や送り込むのに時間がかかったり一塊で送り込めない移送不良といった舌機能低下についても主観的にその有無を評価した。定量的評価では、舌運動の開始に伴う食塊の後方への動き始めから食塊の先端が下顎骨下縁を超えた時点までの時間である口腔通過時間(Oral transit time, OTT)、食塊の先端が下顎骨下縁を超えた時点から食塊の後端がUESを越えるまでの時間である咽頭通過時間(Pharyngeal transit time, PTT)を測定した(図3-5)^{29,30)}。これらの評価は摂食嚥下障害の治療に3年以上従事している歯科医師2名が行った。

3. 統計分析

最大舌圧の再現性および OTT, PTT における検者間信頼性は級内相関係数 (Interclass correlation coefficient, ICC) を用いて検討し, 舌機能低下と口腔内および咽頭内残留の有無における検者間信頼性は κ 係数を用いて検討した。口腔および咽頭内残留ならびに舌機能低下の有無による最大舌圧の比較には Mann-Whitney U 検定を行い, 咽頭内残留と舌機能低下に影響を与える要因を多重ロジスティック回帰分析により抽出した。また, 最大舌圧と OTT ならびに PTT の相関関係の評価には Spearman の順位相関係数 (ρ) を用いた。さらに, 球麻痺スコアが 12 点満点の球麻痺症状がない者と 11 点以下の症状がある者の最大舌圧を Mann-Whitney U 検定を用いて比較し, ROC 曲線よりそのカットオフ値を算出した。最大舌圧は中央値ならびに四分位範囲で表記し, 有意水準は 5 %とした。検定には統計解析ソフト IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM, 東京) を用いた。

研究 2 縦断調査：最大舌圧による嚥下機能低下の予測

1. 対象者

対象者は研究 1 の対象者 25 名のうち, その後の追跡調査が可能であった四肢麻痺発症型 ALS 患者 16 名 (男性 7 名, 女性 9 名, 平均年齢 61.8 ± 8.8 歳) とし, 2012 年 9 月から 2015 年 6 月までの期間, 入院中もしくは通院時に定期的な評価を行った。対象者の追跡期間は最短 2 ヶ月, 最長 28 ヶ月であった。

2. 評価項目

研究 1 で測定した球麻痺スコアおよび最大舌圧に加えて、食形態の変更および胃瘻造設時期について調査した。初回評価時の食形態は入院や通院前に摂取していた食事をもとに決定され、追跡中の食形態の変更は定期的な VF 検査において必要と考えられた場合に行われた。また、胃瘻造設は VF 評価などをもとに、主治の神経内科医の診断のもと行われた。

3. 統計分析

球麻痺スコアと最大舌圧における初回評価時と最終評価時の比較には、Wilcoxon の符号付順位和検定を行い、最大舌圧と球麻痺症状発現および最大舌圧と食形態の変更もしくは胃瘻造設との関連にはクロス集計表を作成後、 χ^2 検定を行い、感度および特異度を算出した。最大舌圧は中央値ならびに四分位範囲で表記し、有意水準は 5%とした。検定には統計解析ソフト IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM, 東京) を用いた。

結果

研究 1 横断調査：ALS 患者の最大舌圧と嚥下機能の関係

1. 最大舌圧の再現性と各 VF 評価項目の検者間信頼性

3 回の最大舌圧は良好な再現性を示した (ICC = 0.96)。また、各 VF の定性的評価 (舌機能低下の有無、口腔内および咽頭内残留の有無) の検者間信頼性は高く (κ = 0.75, 0.78, 0.80)、定量的評価 (OTT および PTT) の検者間信

頼性も良好であった (ICC = 0.88, 0.78, $P < 0.01$)。

2. 最大舌圧と VF 評価項目

対象者のうちヨーグルトを誤嚥した者は存在せず、喉頭侵入が 1 名に認められたのみであった。

口腔内残留の認められた者の最大舌圧は 25.9 (3.5 - 41.2) kPa (中央値 (最小値 - 最大値))、認められなかった者では 34.0 (33.6 - 34.4) kPa であり、口腔内残留の有無による最大舌圧には有意差を認めなかった (図 6)。また、咽頭内残留の認められた者の最大舌圧は、認められなかった者より低い値を示した (21.0 (3.5 - 41.2) kPa vs. 36.0 (23.3 - 41.2) kPa, $P < 0.01$) (図 7)。さらに、舌機能低下が認められた者の最大舌圧は 20.0 (3.5 - 29.4) kPa であり、認められなかった者の 36.1 (3.5 - 41.2) kPa より低い値を示した ($P < 0.01$) (図 8)。

咽頭内残留の有無ならびに舌機能低下の有無を目的変数として、最大舌圧、年齢、性別および罹患期間を説明変数とした多重ロジスティック回帰分析の結果から、最大舌圧は咽頭内残留および舌機能低下に有意な影響を及ぼす因子であることが明らかとなった (表 1)。

OTT は 1.52 ± 1.77 秒 (平均 \pm 標準偏差)、PTT は 0.73 ± 0.37 秒であった。最大舌圧と OTT ($\rho = -0.64$, $P < 0.01$) ならびに PTT ($\rho = -0.64$, $P < 0.01$) との間に負の相関を認めた (図 9, 10)。

3. 最大舌圧と球麻痺症状

球麻痺スコアが 11 点以下となった球麻痺症状が認められた者の最大舌圧は 17.7 (3.5 - 29.4) kPa であり、12 点満点の球麻痺症状が認められなかった者の

34.4 (21.9 - 41.2) kPa より低い値を示した ($P < 0.01$) (図 11)。

ある一定の最大舌圧を下回ると球麻痺スコアも低下する傾向が認められ (図 12), 球麻痺症状が発現する際の最大舌圧のカットオフ値は 21.0 kPa, その感度は 100%, 特異度は 80%であった。

研究 2 縦断調査：最大舌圧による嚥下機能低下の予測

1. 球麻痺スコアと最大舌圧の関係

初回評価時の球麻痺スコアと比較して, 最終評価時の球麻痺スコアは有意に低下していた ($P < 0.05$) (図 13)。また, 初回評価時の最大舌圧に比べて最終評価時の最大舌圧は低くなっていた (33.6 (9.9 - 41.2) kPa vs. 25.6 (3.0 - 39.3) kPa, $P < 0.05$) (図 14)。

最大舌圧が研究 1 で設定したカットオフ値である 21.0 kPa を維持していた者とそれ以外の者との間で期間中の球麻痺症状の発現の有無を検討した結果 (表 2), 最大舌圧がカットオフ値を初回からもしくは最終評価時まで下回った者では, 球麻痺症状を発現している者が有意に多くなり ($P < 0.01$), その感度は 100%, 特異度は 80%であった。

2. 食形態変更および胃瘻造設と最大舌圧の関係

追跡期間中に食形態の変更もしくは胃瘻造設が行われた者は 5 名, 追跡期間中に食形態が変更されたり胃瘻造設されなかった者は 11 名であった。追跡期間中に食形態の変更もしくは胃瘻造設が行われた者において, これらが実施される直前の評価である平均 4 ヶ月前の最大舌圧がカットオフ値以上であった者が

1名、カットオフ値以下であった者が4名であった(図15)。同様に、追跡期間中に食形態の変更および胃瘻造設が行われなかった者において、最終評価時の直前の評価における最大舌圧がカットオフ値以上であった者が9名、以下の者が2名であった(図16)。この結果より、最大舌圧がカットオフ値を下回った場合には、その平均4ヵ月後に食形態の変更や胃瘻造設となるリスクを感度67%、特異度90%で判別することができた(表3)。

考察

摂食嚥下障害はALS患者ではほぼ必発する³¹⁾。摂食嚥下障害は、食事摂取量を低下させ、栄養障害を引き起こすため、生命予後に直結するといわれており、患者にとって最も重篤な合併症の一つである^{32, 33)}。栄養障害は臨床的に摂食嚥下障害が明らかでない時期においても出現する⁸⁾。また、呼吸機能の低下によりむせや咳が認められないといった理由から、ALSの摂食嚥下障害は潜伏性に行進することが多い³⁴⁾。急速に摂食嚥下障害が重症化するなか、患者は食べられなくなるということへの順応が遅れることから、食に対する思いが強いまま最後まで食べたいという訴えが続き、結果として摂食嚥下障害は患者の不満の原因となりやすく、QOLの低下につながる⁵⁾。このため、ALS患者の摂食嚥下障害の早期発見と対策は生命予後とQOLの改善に大きくつながるものと考えられる。

ALSの摂食嚥下障害に対する治療介入に関しては、疾患の早期で誤嚥予防のための食形態の変更などの適切な管理が実行できれば、経口摂取期間が延長することが報告されている³⁵⁾。一方で、自然経過のALS患者では栄養所要量より

摂取カロリーが少なくなりやすいことから胃瘻造設が必要であることも言われており³⁶⁾、胃瘻による栄養管理を受けた者は、受けなかった者と比較して生命予後が良好であるといった報告もある³⁷⁾。従って、胃瘻造設はALS患者の生存期間の延長のためには検討すべき課題である³⁸⁾。胃瘻造設の時期に関しては、食形態や食事時間の調整を行っても栄養管理や水分管理が困難になる前、体重が病前と比較し10%以上減少する前、食事による患者・介護者の疲労が強くなる前に実施することが推奨されている³⁹⁾。しかしながら、胃瘻造設の時期についてのエビデンスに基づく明確な基準はなく、我が国では、胃瘻の造設時期が遅れて、合併症を伴うことが多いことも報告されている⁴⁰⁾。また、疾患の進行に伴い摂食嚥下障害と並行して呼吸不全も進行する⁴¹⁾。米国神経学会においては、努力肺活量(FVC)が50%以下では胃瘻造設に伴う合併症のリスクが高くなるとされており、胃瘻を安全に造設するためには、FVCが50%以上(鼻腔吸気圧:SNIPが40 mmHg以上)の時期を選ぶのが望ましいとされる³⁸⁾。そのため、胃瘻を選択する場合は、早期に造設することが推奨されている³⁸⁾。これらのことは、胃瘻を造設する時期を判断するためにも嚥下障害が重症化する前から定期的に嚥下機能評価を行い、摂食嚥下障害の予後評価を行い適切な患者指導や治療選択が必要となることを意味している。

研究1 横断調査: ALS患者の最大舌圧と嚥下機能の関係

VFは嚥下時の食塊の動きや関連諸器官の動態を観察することができ⁴²⁾、神経疾患に伴う嚥下障害を検出する最も優れた検査法とされている⁴³⁻⁴⁵⁾。しかしながらVFはX線透視装置が必要であり、またその読影に専門性が必要であること、さらに、検査時の被曝や被験食品の誤嚥のリスクといったデメリットが考えられ、頻回に検査がすることはなかなか困難であると考えられる。一方で舌圧検

査は低侵襲で簡便な検査法であり、摂食嚥下障害の重症化の早い ALS 患者に対しては、ベッドサイドで繰り返し評価できるなどメリットの多い検査法であると考えられる。しかしながら、新たに検査法を確立する上では、従来からの最も信頼性の高い検査と比較することで、その信頼性や妥当性を評価しておく必要がある。そこで研究 1 では VF 検査と舌圧検査を同時に実施することで ALS 患者の最大舌圧と嚥下機能との関係を明らかにすることとした。

本研究では、対象者を四肢麻痺発症型 ALS 患者とした。これは ALS の主な病型である四肢麻痺発症型と球麻痺発症型において、嚥下障害の発現時期が異なり、球麻痺発症型 ALS 患者は発症早期から嚥下障害が重度となっている者が多く、その対応が経管栄養や呼吸管理といった進行末期のものになるのに対して、四肢麻痺発症型は嚥下障害の発現時期が不明であること⁹⁾、さらに、早期からの対応で経口摂取期間が延伸できる可能性があることが報告されており³⁵⁾、今後の臨床応用が可能と考えたからである。

対象者の球麻痺スコアの中央値は 12 点で、四分位範囲は 4 - 12 であった。このことより、対象者の嚥下障害が概ね軽度であったと考えられる。また、本研究では、最大舌圧は 3 回の測定の中から最大値を代表値とした。これは ALS 患者では筋力低下から疲労が認められ⁴⁶⁾、回数を重ねると舌圧が低くなることが予測されたためである。しかしながら、最大舌圧の 3 回の測定値の再現性は維持されており、従来の研究同様、平均値を用いても結果に相違は無かったものと考えられ、従来の平均値を用いた研究との比較を行っても問題ないものと思われる。

本研究では、全ての対象者で誤嚥を認めず、喉頭侵入を認めた者は 1 名のみであった。神経原性の摂食嚥下障害患者においては、食塊の粘度が上昇すると誤嚥や喉頭侵入のリスクが減少することが報告されており⁴⁷⁻⁴⁹⁾、本研究におい

ても粘度の高いヨーグルトを使用したことで誤嚥や喉頭侵入のリスクが減少したものと考えられる。

ヨーグルトのような半固形物は、液体嚥下と異なり、準備期に舌と硬口蓋による押しつぶしが行われ、下顎がわずかに開閉口を伴った咀嚼運動様の回旋運動を行いながら半固形物と唾液とを混ぜ合わせることで食塊形成が行われるとされている⁵⁰⁾。したがって、ヨーグルトを嚥下する際の準備期・口腔期における運動の主体は舌運動であると考えられる。ALSにおいては、疾患の初期にこの舌運動に障害が認められることが多いことから¹³⁾、本研究で被験食品にヨーグルトを用いたことにより、ALS患者の準備期・口腔期での舌運動をとらえることができたと考える。健常成人において、ヨーグルト状の試験食品を嚥下させた場合、OTTは1秒以下であると報告されている⁵¹⁾。一方、本研究ではOTTは 1.52 ± 1.77 秒であった。ALS患者のOTTは健常者と比較し延長すると報告されていることから⁵²⁾、本研究の対象者も同様に、OTTが延長していたものと考えられる。

口腔内残留の有無による最大舌圧には有意差を認めなかった。これは、試験食品に粘性の高いヨーグルトを使用したためであり、ほとんどの対象者で口腔内残留が認められた。一方で、最大舌圧は口腔通過時間であるOTTと有意な負の相関を示した。これは、最大舌圧が低い者は嚥下の際に口腔から咽頭に食塊を送り込むのに要する時間が長い傾向があると解釈できる。さらに、多重ロジスティック回帰分析の結果からも、最大舌圧は舌機能低下に有意に影響を及ぼす因子であったことから、舌筋力の低下が口腔期の障害と関連することが示唆される。このことは従来の研究でも報告されており⁹⁾、最大舌圧を指標とした摂食嚥下の準備期・口腔期障害の評価法が今後確立できるのではないかと考える。

一方で、咽頭期に関しても多重ロジスティック回帰分析の結果から、最大舌

圧が咽頭内残留に有意に影響を及ぼす因子であることが明らかとなり、さらに最大舌圧と PTT に相関関係が認められた。舌根は食塊を咽頭へ押し出す力を発揮すること⁵³⁾、また、舌圧は食塊の口腔から咽頭への送り込みに関係すると報告されており⁵⁴⁾、舌の筋力低下が咽頭への食物の送り込み圧の低下を引き起こしたものと考えられる。以上のことから、最大舌圧によって咽頭期の嚥下機能低下も評価できる可能性が示唆された。

球麻痺スコアは Cedarbau ら²⁸⁾によって示された ALS 機能評価スケールの球麻痺症状の項目のみを使用した評価法であり、総得点を 12 点とし、言語、唾液、嚥下の臨床症状を簡便に評価できるものである。点数の低下とともに症状の重症化を示すが、本研究においては、11 点以下となる球麻痺症状が認められる場合の最大舌圧のカットオフ値を算出したところ、球麻痺スコアが低下する最大舌圧のカットオフ値は 21.0 kPa であった。実際、21.0 kPa を大きく下回るほど OTT や PTT にはばらつきが大きくなる傾向も見受けられた。一方、球麻痺スコアが 12 点であった者の最大舌圧 (32.4 ± 6.9 kPa) は Utanohara ら²²⁾の報告による 60 歳の平均値 (37.6 ± 8.8 kPa) と比較して低い値を示していた。最大舌圧と嚥下機能との間には、球麻痺スコアが 12 点の者を含めても有意な相関が認められていたことから考えても、球麻痺症状が発現していない ALS 患者においても最大舌圧はすでに低下し始めており、球麻痺症状が発現するのがおおむね 21.0 kPa を下回ったころからなのではないかと推察できたので、研究 2 の縦断調査では、この 21.0 kPa をカットオフ値として摂食嚥下機能との関係を縦断的に検討することとした。

研究 2 縦断調査：最大舌圧による嚥下機能低下の予測

研究 2 では研究 1 の対象者のうち、追跡可能であった四肢麻痺発症型 ALS 患

者を対象者として、最大舌圧により ALS 患者の嚥下機能低下を予測できるか否かを検討した。

球麻痺スコアおよび最大舌圧は初回評価時と比較し、最終評価時で有意に低下していた。ALS 患者の最大舌圧は病態の進行とともに低下すると報告されており²⁶⁾、本研究はこれを支持する結果となった。また、初回から、もしくは最終評価時までには 21.0 kPa を維持していない者で球麻痺症状を発現している者が有意に多かったこと、最大舌圧が 21.0 kPa 未満では 4 ヶ月後の次回評価時に食形態の変更もしくは胃瘻造設となる者が有意に多かったことから、最大舌圧が 21.0 kPa 以上では食形態を考慮する必要が少ないものの、21.0 kPa を下回るころから食形態の変更などの進行末期に向けた対応を考える必要が生じることが示唆された。

加齢に伴い舌の機能を含む口腔機能が低下すると、摂食嚥下機能が低下し、誤嚥や低栄養を引き起こす⁵⁵⁾。摂食嚥下障害による誤嚥や低栄養への対応策として食形態の調整が行われている⁵⁶⁾。田中ら⁵⁷⁾は調整食を摂取している者は常食を摂取している者と比較して最大舌圧が有意に低く、最大舌圧が 20 kPa 未満では食形態に調整が必要となる者が多くなると報告している。また津賀らは⁵⁸⁾、調整食を摂取している高齢者の最大舌圧は 20.9 ± 6.1 kPa であったことを報告しており、さらに武内らは⁵⁹⁾、嚥下障害の認められる高齢者の最大舌圧は 20.9 ± 10.1 kPa であったと述べている。これらの結果は、高齢者において最大舌圧が 20 kPa 以上であることが常食を摂取できるかどうかの判断基準となりうる可能性を示している。本研究でも 21.0 kPa が常食摂取は困難であるという判断基準となりうることを示しており、本研究で得られたカットオフ値は疾患に関わらず、嚥下障害に特有の値であり、ALS 患者においてもこのカットオフ値で食形態の調整が必要となるか否かを予測できる可能性が示された。

最大舌圧と嚥下時舌圧の差は予備力と定義される⁶⁰⁾。加齢とともにこの予備力は減少し、予備力が減少すると十分な嚥下圧を得られず、嚥下障害のリスクが高まることが報告されている⁶¹⁾。ALS患者では、疾患の進行に伴い身体機能全般の予備力が減少することが報告されていることから⁶²⁾、今回の最大舌圧の低下も予備力の低下と捉えて差し支えないものと思われる。予備力が減少することにより摂取する食形態を高い舌圧を発現しなくとも摂取可能な形態へと変更する必要性が出てくる可能性が考えられる。一方で、食塊の粘性が高いほどむしろ高い舌圧が必要であるとも言われており⁶³⁾、過度の食形態の調整はその粘性を高めることで摂食をかえって難しくしている可能性もある。したがって、現状で発揮できる舌圧に応じた食形態の決定法が見いだせることが、ALS患者ひいては高齢者全般の摂食嚥下リハビリテーションにおいて重要になってくるものと思われる。

ALSに対するリハビリテーションでは、最大舌圧を維持することが摂食嚥下機能を保つ上で重要であると考えられる。障害を受けた筋への過負荷は過用性筋力低下(overwork weakness)を生じさせる可能性があるとの報告がある⁶⁴⁾。しかしながら、過度な身体活動の抑制は廃用性筋萎縮を生じさせることが懸念される。中等度の運動負荷はALSの運動機能の低下を防止できるといった報告もあり^{65, 66)}、筋疲労を来さない程度での訓練は有効であるとされている。摂食嚥下訓練では、ALS嚥下・栄養管理マニュアルにおいて、早期から訓練による疲労に注意した間接訓練を行うことが推奨されており、口腔の筋機能訓練ならびに嚥下反射誘発のためのアイスマッサージは、摂食時間の短縮と嚥下反射を増強させる効果が示されている⁶³⁾。舌圧も訓練により向上することが報告されており⁶⁷⁻⁷¹⁾、過度にならない程度での舌負荷訓練も摂食嚥下機能の維持に役立つものと考えられる。

ALS の嚥下障害管理について、市原⁷²⁾ は ALS 嚥下・栄養管理マニュアルの中で改訂 ALS 機能評価スケールの嚥下部分 (ALSFRSsw) を用い、ALS と診断された時点から嚥下障害 (問診・VF)、栄養状態 (身体計測・血液指標) および呼吸状態 (%FVC) のモニタリングを定期的に行い、ALSFRSsw に応じて嚥下機能評価や嚥下指導、嚥下訓練、食形態の調整などの治療介入を行うことが必要であると述べている。本研究の結果より、最大舌圧を測定することで、ALS の嚥下機能低下をより早期から予測できる可能性が明らかとなった。そこで従来の方法に今回の最大舌圧測定を加えて、疾患の初期から舌圧検査を用いた嚥下障害管理を継続的に行うことで、最大舌圧が 21.0 kPa を下回るところから、ALS の嚥下障害の発現を予測し、より早期の摂食嚥下障害を見出すことが可能となるのではないかと考えている。さらに、嚥下障害の発現を早期に発見することができれば、嚥下機能評価の頻度を狭め、嚥下指導、嚥下訓練、食形態の検討ならびに舌接触補助床の適応といった治療介入を従来より早期に始めることができ、ALS 患者の嚥下障害の重症化を少しでも遅らせ、患者の QOL の改善に貢献することができる可能性がある。今後、本研究の結果に基づいて、舌圧検査法を用いた ALS 患者の摂食嚥下リハビリテーションが確立されることを期待したい。

総括

ALS 患者の嚥下障害の早期発見とその対応に資する方法の確立を目指し、最大舌圧と嚥下機能の関係を検討することにより、ALS 患者の嚥下機能評価における舌圧検査の有用性について検討した。その結果、

1. 最大舌圧によって ALS 患者の嚥下機能低下を評価できることが示された。また、球麻痺スコアが低下する最大舌圧のカットオフ値が明らかとなり、このカットオフ値で食形態の調整が必要となるか否かを予測できる可能性が示された。
2. 最大舌圧がカットオフ値以上では、食形態を考慮する必要は少ないものの、カットオフ値を下回る頃から、食形態の変更などの対応を考える必要が生じることが示され、最大舌圧を測定することで、ALS 患者の嚥下機能低下を早期から予測できる可能性が明らかとなった。

以上の結果より、ALS 患者の嚥下障害の早期発見に対する嚥下機能評価法として舌圧検査は有用であることが示された。

謝辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤なる御指導ならびに御校閲を賜りました本学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門（先端歯科補綴学）教授 津賀一弘先生に深甚なる謝意を表します。また、御教示、御校閲を賜りました本学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門（歯科放射線学）教授 谷本啓二先生、統合健康科学部門（公衆口腔保健学）教授 杉山 勝先生ならびに応用生命科学部門（先端歯科補綴学）准教授 吉川峰加先生に感謝の意を表します。また、研究遂行上および本論文作成上の御助言と御鞭撻を賜りました本学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門（脳神経内科学）診療准教授 細見直永先生ならびに医療法人翠清会梶川病院 中森正博先生に厚く御礼申し上げます。また、多くのご支援、ご協力を頂きました本学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門（歯科放射線学）助教 長崎信一先生、広島市立リハビリテーション病院歯科部長 吉田光由先生ならびに本学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門（先端歯科補綴学）の教室員の皆様に感謝いたします。さらに、研究遂行に御助力頂きました医療法人微風会ビハーラ花の里病院理事長および徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 臨床神経科学（神経内科）臨床教授 和泉唯信先生、医療法人微風会ビハーラ花の里病院歯科 高木幸子先生、言語聴覚士 笹村博和様、管理栄養士 田中君枝様ならびに医療法人微風会ビハーラ花の里病院の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国立保健医療科学院. 平成 20 年患者調査による難病の受療状況データブック 2011.
- 2) 厚生労働省科学研究費補助金難治性疾患政策研究事業神経変性疾患領域における基盤的調査研究班. 神経変性疾患領域における基盤的調査研究報告書 2012.
- 3) Wijesekera LC, Leigh PN. Amyotrophic lateral sclerosis. *Orphanet J Rare Dis* 2009; 4: 3.
- 4) Haverkamp LJ, Appel V, Appel SH. Natural history of amyotrophic lateral sclerosis in a database population. Validation of a scoring system and a model for survival prediction. *Brain* 1995; 118: 707-719.
- 5) Paris G, Martinaud O, Petit A, Cuvelier A, Hannequin D, Roppeneck P, Verin E. Oropharyngeal dysphagia in amyotrophic lateral sclerosis alters quality of life. *J Oral Rehabil* 2013; 40: 199-204.
- 6) Strand EA, Miller RM, Yorkston KM, Hillel AD. Management of oral-pharyngeal dysphagia symptoms in amyotrophic lateral sclerosis. *Dysphagia* 1996; 11: 129-139.
- 7) Shimizu T, Nagaoka U, Nakayama Y, Kawata A, Kugimoto C, Kuroiwa Y, Kawai M, Shimohata T, Nishizawa M, Mihara B, Arahata H, Fujii N, Namba R, Ito H, Imai T, Nobukuni K, Kondo K, Ogino M, Nakajima T, Komori T. Reduction rate of body mass index predicts prognosis for survival in amyotrophic lateral sclerosis: a

- multicenter study in Japan. *Amyotroph Lateral Scler.* 2012; 13: 363-366.
- 8) 野崎園子. 食べる機能を障害する疾患とその対応 神経・筋疾患の摂食・嚥下障害. *臨床栄養* 2007; 111: 474-481.
 - 9) Hillel AD, Miller R. Bulbar amyotrophic lateral sclerosis: patterns of progression and clinical management. *Head Neck* 1989; 11: 51-59.
 - 10) Kühnlein P, Gdynia HJ, Sperfeld AD, Lindner-Pfleghar B, Ludolph AC, Prosiegel M, Riecker A. Diagnosis and treatment of bulbar symptoms in amyotrophic lateral sclerosis. *Nat Clin Pract Neurol* 2008; 4: 366-374.
 - 11) Nagasaki T, Yoshida M, Yamashina A, Suei Y, Tanimoto K. Application of a palatal plate in amyotrophic lateral sclerosis: a case report. *Oral Radiology* 2004; 20: 76-79.
 - 12) Leopold NA, Kagel MC. Swallowing, ingestion and dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil* 1983; 64: 371-373.
 - 13) Kawai S, Tsukuda M, Mochimatsu I, Enomoto H, Kagesato Y, Hirose H, Kuroiwa Y, Suzuki Y. A study of the early stage of Dysphagia in amyotrophic lateral sclerosis. *Dysphagia* 2003; 18: 1-8.
 - 14) Ertekin C, Aydogdu I, Yüceyar N, Kiylioglu N, Tarlaci S, Uludag B. Pathophysiological mechanisms of oropharyngeal dysphagia in amyotrophic lateral sclerosis. *Brain* 2000; 123: 125-140.
 - 15) Mu L, Sanders I. Human tongue neuroanatomy: Nerve supply and motor endplates. *Clin Anat* 2010; 23: 777-791.
 - 16) Tamburrini S, Solazzo A, Sagnelli A, Del Vecchio L, Reginelli A,

- Monsorrò M, Grassi R. Amyotrophic lateral sclerosis: sonographic evaluation of dysphagia. *Radiol Med* 2010; 115: 784-793.
- 17) Nakamori M, Hosomi N, Takaki S, Oda M, Hiraoka A, Yoshikawa M, Matsushima H, Ochi K, Tsuga K, Maruyama H, Izumi Y, Matsumoto M. Tongue thickness evaluation using ultrasonography can predict swallowing function in amyotrophic lateral sclerosis patients. *Clin Neurophysiol* doi: 10.1016/j.clinph.2015.07.032
- 18) 谷口裕重, 大瀧祥子, 梶井友佳, 山田好秋, 井上 誠. 筋萎縮性側索硬化症例における舌萎縮と嚥下時の食塊移送との関係. *日本顎口腔機能学会雑誌* 2008; 15: 30-37.
- 19) Ruoppolo G, Schettino I, Frasca V, Giacomelli E, Prosperini L, Cambieri C, Roma R, Greco A, Mancini P, De Vincentiis M, Silani V, Inghilleri M. Dysphagia in amyotrophic lateral sclerosis: prevalence and clinical findings. *Acta Neurol Scand* 2013; 128: 397-401.
- 20) Crow HC, Ship JA. Tongue strength and endurance in different aged individuals. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996; 51: 247-250.
- 21) Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, Yoshida M, Sato Y, Akagawa Y. A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int J Prosthodont* 2002; 15: 385-388.
- 22) Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y. Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed disposable tongue pressure measurement device. *Dysphagia* 2008; 23: 286-290.
- 23) Yoshida M, Kikutani T, Tsuga K, Utanohara Y, Hayashi R, Akagawa

- Y. Decreased tongue pressure reflects symptom of dysphagia. *Dysphagia* 2006; 21: 61-65.
- 24) Tamura F, Kikutani T, Tohara T, Yoshida M, Yaegaki K. Tongue thickness relates to nutritional status in the elderly. *Dysphagia* 2012; 27: 556-561.
- 25) Morimoto N, Yamashita T, Sato K, Kurata T, Ikeda Y, Kusuhara T, Murata N, Abe K. Assessment of swallowing in motor neuron disease and Asidan/SCA36 patients with new methods. *J Neurol Sci* 2013; 324: 149-155.
- 26) Easterling C, Antinoja J, Cashin S, Barkhaus PE. Changes in tongue pressure, pulmonary function, and salivary flow in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Dysphagia* 2013; 28: 217-225.
- 27) Brooks BR. El Escorial World Federation of Neurology criteria for the diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis. Subcommittee on Motor Neuron Diseases/Amyotrophic Lateral Sclerosis of the World Federation of Neurology Research Group on Neuromuscular Diseases and the El Escorial "Clinical limits of amyotrophic lateral sclerosis" workshop contributors. *J Neurol Sci* 1994; 124: 96-107.
- 28) Cedarbaum JM, Stambler N, Malta E, Fuller C, Hilt D, Thurmond B, Nakanishi A. The ALSFRS-R: a revised ALS functional rating scale that incorporates assessments of respiratory function. BDNF ALS Study Group (Phase III). *J Neurol Sci* 1999; 169: 13-21.
- 29) Lazarus CL, Logemann JA, Pauloski BR, et al. Swallowing disorders in head and neck cancer patients treated with radiotherapy and

- adjuvant chemotherapy. *Laryngoscope* 1996; 106: 1157-1166.
- 30) Yoshikawa M, Yoshida M, Nagasaki T, Tanimoto K, Tsuga K, Akagawa Y, Komatsu T. Aspects of swallowing in healthy dentate elderly persons older than 80 years. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005; 60: 506-509.
 - 31) Trail M, Nelson N, Van JN, Appel SH, Lai EC. Major stressors facing patients with amyotrophic lateral sclerosis (ALS): a survey to identify their concerns and to compare with those of their caregivers. *Amyotroph Lateral Scler Other Motor Neuron Disord* 2004; 5: 40-45.
 - 32) Mazzini L, Corrà T, Zaccala M, Mora G, Del Piano M, Galante M. Percutaneous endoscopic gastrostomy and enteral nutrition in amyotrophic lateral sclerosis. *J Neurol* 1995; 242: 695-698.
 - 33) Fattori B, Grosso M, Bongioanni P, Nacci A, Cristofani R, AlSharif A, Licitra R, Matteucci F, Rossi B, Rubello D, Ursino F, Mariani G. Assessment of swallowing by oropharyngoesophageal scintigraphy in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Dysphagia* 2006; 21: 280-286.
 - 34) Strand EA, Miller RM, Yorkston KM, Hillel AD. Management of oral-pharyngeal dysphagia symptoms in amyotrophic lateral sclerosis. *Dysphagia* 1996; 11: 129-139.
 - 35) Palovcak M, Mancinelli JM, Elman LB, McCluskey L. Diagnostic and therapeutic methods in the management of dysphagia in the ALS population: issues in efficacy for the out-patient setting. *NeuroRehabilitation* 2007; 22: 417-423.

- 36) Kasarskis EJ, Berryman S, Vanderleest JG, Schneider AR, McClain CJ. Nutritional status of patients with amyotrophic lateral sclerosis: relation to the proximity of death. *Am J Clin Nutr* 1996; 63: 130-137.
- 37) Mazzini L, Corrà T, Zaccala M, Mora G, Del Piano M, Galante M. Percutaneous endoscopic gastrostomy and enteral nutrition in amyotrophic lateral sclerosis. *J Neurol* 1995; 242: 695-698.
- 38) Miller RG, Jackson CE, Kasarskis EJ, England JD, Forshew D, Johnston W, Kalra S, Katz JS, Mitsumoto H, Rosenfeld J, Shoemith C, Strong MJ, Woolley SC. Practice parameter update: the care of the patient with amyotrophic lateral sclerosis: drug, nutritional, and respiratory therapies (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2009; 73: 1218-1226.
- 39) Bedlack RS. Amyotrophic lateral sclerosis: current practice and future treatments. *Curr Opin Neurol* 2010; 23: 524-529.
- 40) 野崎園子, 市原典子, 湯浅龍彦. 筋萎縮性側索硬化症の摂食・嚥下障害対策 国立病院・療養所神経内科における現状. *医療* 2003; 57: 615-619.
- 41) 野崎園子, 国富厚宏, 斉藤利雄, 松村 剛, 神野 進. 筋萎縮性側索硬化症患者の摂食・嚥下障害 嚥下造影と呼吸機能の経時的変化の検討. *臨床神経学* 2003; 43: 77-83.
- 42) Robbins JA, Sufit R, Rosenbek J, Levine R, Hyland J. A modification of the modified barium swallow. *Dysphagia* 1987; 2: 83-86.

- 43) Barbiera F, Condello S, De Palo A, Todaro D, Mandracchia C, De Cicco D. Role of videofluorography swallow study in management of dysphagia in neurologically compromised patients. *Radiol Med* 2006; 111: 818-827.
- 44) Lo Re G, Galia M, La Grutta L, Russo S, Runza G, Taibbi A, D'Agostino T, Lo Greco V, Bartolotta TV, Midiri M, Cardinale AE, De Maria M, Lagalla R. Digital cineradiographic study of swallowing in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Radiol Med* 2007; 112: 1173-1187.
- 45) Cappabianca S, Reginelli A, Monaco L, Del Vecchio L, Di Martino N, Grassi R. Combined videofluoroscopy and manometry in the diagnosis of oropharyngeal dysphagia: examination technique and preliminary experience. *Radiol Med* 2008; 113: 923-940.
- 46) Finsterer J. Lactate stress testing in sporadic amyotrophic lateral sclerosis. *Int J Neurosci* 2005; 115: 583-591.
- 47) Robbins J. Swallowing in ALS and motor neuron disorders. *Neurol Clin* 1987; 5: 213-229.
- 48) Bisch EM1, Logemann JA, Rademaker AW, Kahrilas PJ, Lazarus CL. Pharyngeal effects of bolus volume, viscosity, and temperature in patients with dysphagia resulting from neurologic impairment and in normal subjects. *J Speech Hear Res* 1994; 37: 1041-1059.
- 49) Clavé P, de Kraa M, Arreola V, Girvent M, Farré R, Palomera E, Serra-Prat M. The effect of bolus viscosity on swallowing function in neurogenic dysphagia. *Aliment Pharmacol Ther* 2006; 24: 1385-

1394.

- 50) 荻安 誠, 清水充子, 谷本啓二, 津田豪太, 本多知行. 嚥下障害の臨床. リハビリテーションの考え方と実際 第 2 版. 東京: 医歯薬出版 2008: 18-33.
- 51) Dantas RO, de Aguiar Cassiani R, dos Santos CM, Gonzaga GC, Alves LM, Mazin SC. Effect of gender on swallow event duration assessed by videofluoroscopy. *Dysphagia* 2009; 24: 280-284.
- 52) Fattori B, Grosso M, Bongioanni P, Nacci A, Cristofani R, AlSharif A, Licitra R, Matteucci F, Rossi B, Rubello D, Ursino F, Mariani G. Assessment of swallowing by oropharyngoesophageal scintigraphy in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Dysphagia* 2006; 21: 280-286.
- 53) Ono T, Kumakura I, Arimoto M, Hori K, Dong J, Iwata H, Nokubi T, Tsuga K, Akagawa Y. Influence of bite force and tongue pressure on oro-pharyngeal residue in the elderly. *Gerodontology* 2007; 24: 143-150.
- 54) Kahrilas PJ, Lin S, Logemann JA, Ergun GA, Facchini F. Deglutitive tongue action : volume accommodation and bolus propulsion. *Gastroenterology* 1993; 104: 152-162.
- 55) Feinberg MJ, Ekberg O. Videofluoroscopy in elderly patients with aspiration: importance of evaluating both oral and pharyngeal stages of deglutition. *AJR Am J Roentgenol* 1991; 156: 293-296.
- 56) Ney DM, Weiss JM, Kind AJ, Robbins J. Senescent swallowing: impact, strategies, and interventions.

Nutr Clin Pract 2009; 24: 395-413.

- 57) 田中陽子, 中野優子, 横尾 円, 武田芳恵, 山田 香, 栢下 淳. 入院患者および高齢者福祉施設入所者を対象とした食事形態と舌圧, 握力および歩行能力の関連について. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌 2015; 19: 52-62.
- 58) 津賀一弘, 島田瑞穂, 黒田留美子, 林 亮, 吉川峰加, 佐藤恭子, 斎藤慎恵, 吉田光由, 前田祐子, 木田 修, 赤川安正. 「高齢者ソフト食」摂取者の食事形態と舌圧の関係. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌 2005; 9: 56-61.
- 59) 武内和弘, 小澤由嗣, 長谷川 純, 津田哲也, 狩野智一, 上田麻美, 豊田耕一郎. 嚥下障害または構音障害を有する患者における最大舌圧測定の有用性 新たに開発した舌圧測定器を用いて. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌 2012; 16: 165-174.
- 60) Robbins J, Levine R, Wood J, Roecker EB, Luschei E. Age effects on lingual pressure generation as a risk factor for dysphagia. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 1995; 50: 257-262.
- 61) Nicosia MA, Hind JA, Roecker EB, Carnes M, Doyle J, Dengel GA, Robbins J. Age effects on the temporal evolution of isometric and swallowing pressure. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2000; 55: 634-640.
- 62) Easterling C, Antinoja J, Cashin S, Barkhaus PE. Changes in tongue pressure, pulmonary function, and salivary flow in patients with amyotrophic lateral sclerosis. Dysphagia 2013; 28: 217-225.
- 63) Miller JL, Watkin KL. The influence of bolus volume and viscosity

- on anterior lingual force during the oral stage of swallowing. *Dysphagia* 1996; 11: 117-124.
- 64) Kurtzke JF. Risk factors in amyotrophic lateral sclerosis. *Adv Neurol* 1991; 56: 245-270.
- 65) Drory VE, Goltsman E, Reznik JG, Mosek A, Korczyn AD. The value of muscle exercise in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *J Neurol Sci* 2001; 15: 133-137.
- 66) Bello-Haas VD, Florence JM, Kloos AD, Scheirbecker J, Lopate G, Hayes SM, Piro EP, Mitsumoto H. A randomized controlled trial of resistance exercise in individuals with ALS. *Neurology* 2007; 68:2003-2007.
- 67) Robbins J, Gangnon RE, Theis SM, Kays SA, Hewitt AL, Hind JA. The effects of lingual exercise on swallowing in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53: 1483-1489.
- 68) Robbins J, Kays SA, Gangnon RE, Hind JA, Hewitt AL, Gentry LR, Taylor AJ. The effects of lingual exercise in stroke patients with dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 150-158.
- 69) Clark HM, O'Brien K, Calleja A, Corrie SN. Effects of directional exercise on lingual strength. *J Speech Lang Hear Res* 2009; 52: 1034-1047.
- 70) Steele CM, Bailey GL, Polacco RE, Hori SF, Molfenter SM, Oshalla M, Yeates EM. Outcomes of tongue-pressure strength and accuracy training for dysphagia following acquired brain injury. *Int J Speech Lang Pathol* 2013; 15: 492-502.

- 71) Clark HM, Shelton N. Training effects of the effortful swallow under three exercise conditions. *Dysphagia* 2014; 29: 553–563.
- 72) 市原典子. 筋萎縮性側索硬化症の摂食・嚥下障害 ALS の嚥下・栄養管理マニュアル. *医療* 2007; 61: 92-98.

付図説明

図 1 最大舌圧の測定方法

舌圧検査には JMS 舌圧測定器™ (TPM-01, JMS, 広島) を用いた。バルーンを口腔内に挿入し、舌圧プローブを前歯ではさんで固定し、舌を最大の力で口蓋に向けて挙上させる。1回の測定は7秒間行い、1分間の休憩を挟んで3回行った。3回の測定の中から最大値を代表値とした。

図 2 口腔内・咽頭内残留の評価

1回嚥下後の口腔内および咽頭内の食物残留の有無を評価した (矢印)。

図 3 OTT の開始時点

食塊 (点線) の後方への動きを伴う舌運動の開始時点とした。

図 4 OTT の終了時点および PTT の開始時点

食塊 (点線) の先端が下顎骨下縁を超えた時点とした。

図 5 PTT の終了時点

食塊 (点線) の後端が UES を越える時点とした。

図 6 口腔内残留の有無による最大舌圧の比較

口腔内残留の認められた者の最大舌圧は 25.9 (31.5 - 41.2) kPa, 認められなかった者の最大舌圧は 34.0 (33.6 - 34.4) kPa であり, 口腔内残留の有無による最大舌圧は有意差を認めなかった。

図 7 咽頭内残留の有無による最大舌圧の比較

咽頭内残留の認められた者の最大舌圧 (21.0 (3.5 - 41.2) kPa) は、認められなかった者の最大舌圧 (36.0 (23.3 - 41.2) kPa) より低い値を示した。

図 8 舌機能低下の有無による最大舌圧の比較

舌機能低下の認められた者の最大舌圧 (20.0 (3.5 - 29.4) kPa) は、認められなかった者の最大舌圧 (36.1 (3.5 - 41.2) kPa) より低い値を示した。

図 9 最大舌圧と OTT の関係

最大舌圧と OTT の間には有意な中等度の負の相関を認めた。

図 10 最大舌圧と PTT の関係

最大舌圧と PTT の間には有意な中等度の負の相関を認めた。

図 11 球麻痺スコアによる最大舌圧の比較

球麻痺スコアが 11 点以下の者の最大舌圧 (17.7 (3.5 - 29.4) kPa) は球麻痺スコアが 12 点の者の最大舌圧 (34.4 (21.9 - 41.2) kPa) より低い値を示した。

図 12 最大舌圧のカットオフ値

ある一定の最大舌圧を下回ると球麻痺スコアも低下する傾向が認められた。

図 13 球麻痺スコアの変化

初回評価時の球麻痺スコア (12 (9 - 12)) と比較し、最終評価時の球麻痺スコア (12 (3 - 12)) は低下していた。

図 14 最大舌圧の変化

初回評価時の最大舌圧（33.6（9.9 - 41.2）kPa）と比較し，最終評価時の最大舌圧（25.6（39.3 - 3）kPa）は低下していた。

図 15 食形態の変更もしくは胃瘻造設が行われた者の最大舌圧の変化

追跡期間中に食形態の変更もしくは胃瘻造設（矢印）が行われた者は 5 名であった。また，食形態の変更もしくは胃瘻造設される直前の評価である約 4 カ月前の最大舌圧がカットオフ値以上の者が 1 名，以下の者が 4 名であった。

図 16 食形態の変更もしくは胃瘻造設が行われなかった者の最大舌圧の変化

追跡期間中に食形態の変更および胃瘻造設が行われなかった者は 11 名であった。また，最終評価時の直前の評価における最大舌圧がカットオフ値以上の者が 9 名，以下の者が 2 名であった。

表1 嚥下機能低下に影響を与える要因の抽出

	咽頭内残留			舌機能低下		
	オッズ比	95%信頼区間	P値	オッズ比	95%信頼区間	P値
最大舌圧	1.32	1.02 - 1.71	0.04	1.36	1.05 - 1.77	0.02
年齢	1.01	0.88 - 1.16	0.93	0.81	0.65 - 1.00	0.05
性別	0.47	0.00 - 2.25	0.12	0.04	0.00 - 1.64	0.09
罹患期間	1.00	0.93 - 1.08	0.95	1.09	0.99 - 1.18	0.07

表2 球麻痺スコアと最大舌圧の関係

		球麻痺スコア			
		初回	最終	12点 維持	11点以下
最大舌圧	21.0 kPa以上	維持	8	2	0
		低下	0	1	0
	21.0 kPa未満		0	1	4

表3 食形態の変更および胃瘻造設と最大舌圧の関係

		食形態の変更あり or 胃瘻造設	食形態の変更なし
最大舌圧	21.0 kPa以上	1	9
	21.0 kPa未満	4	2



図 1

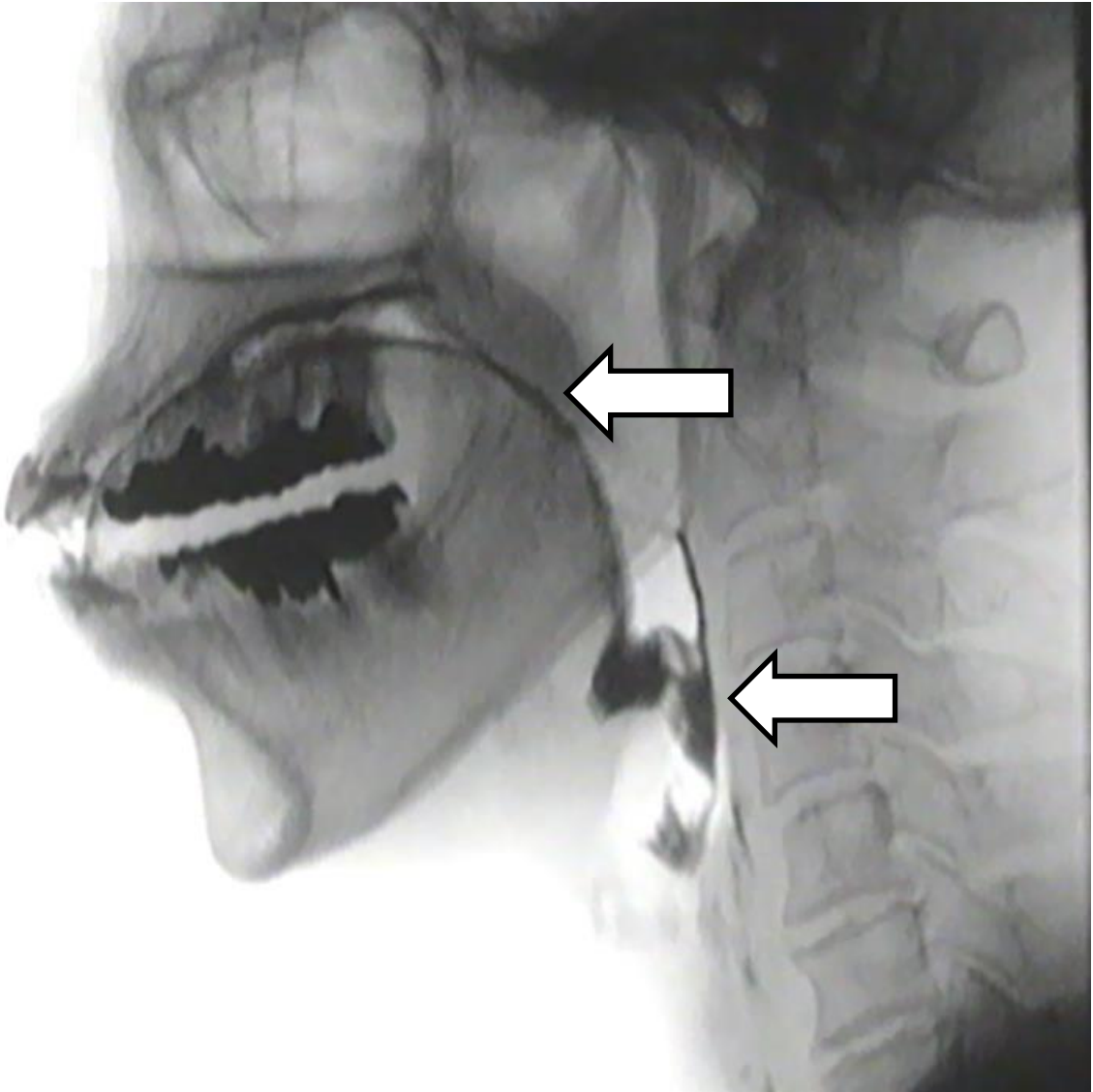


图 2



图 3

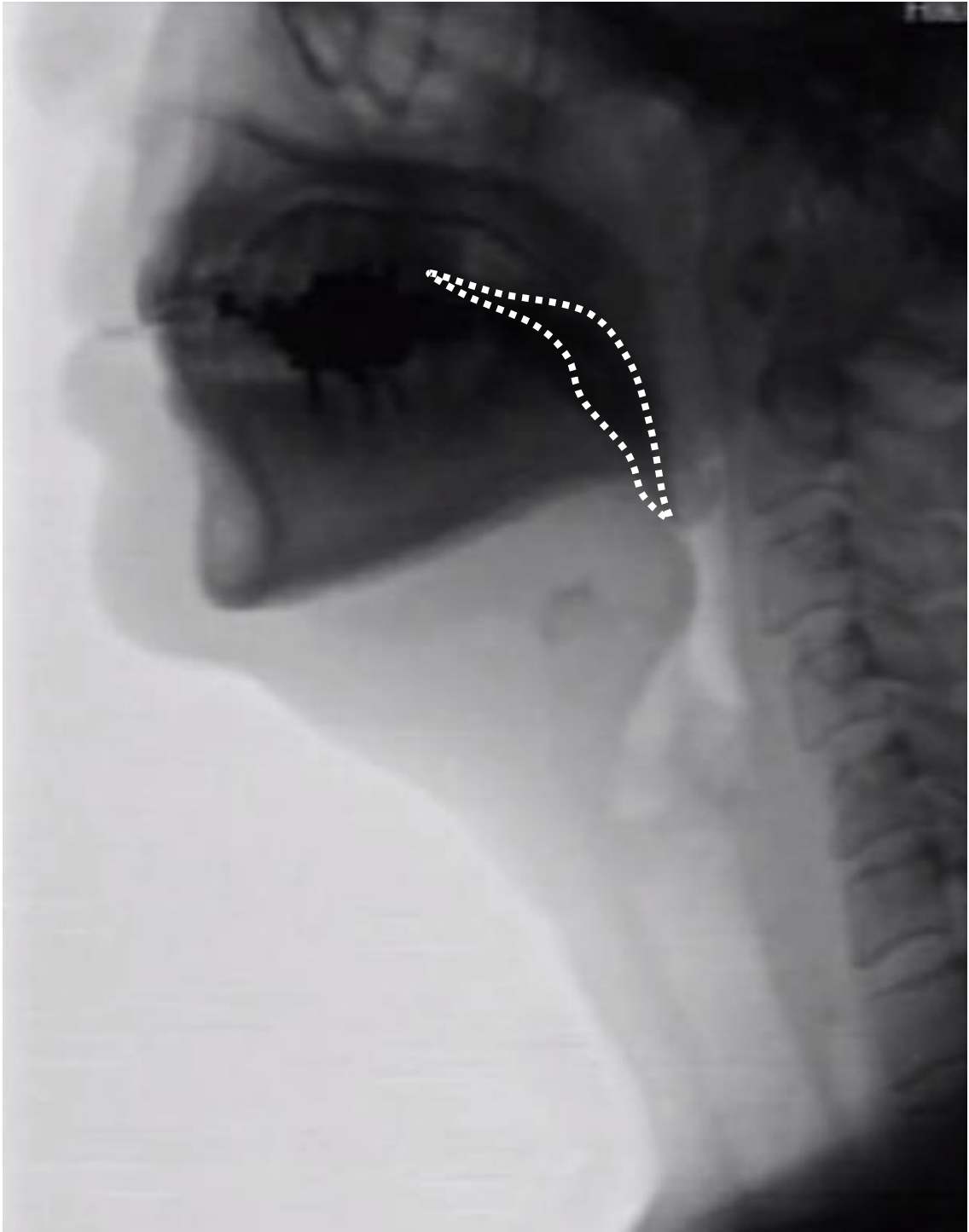


图 4



图 5

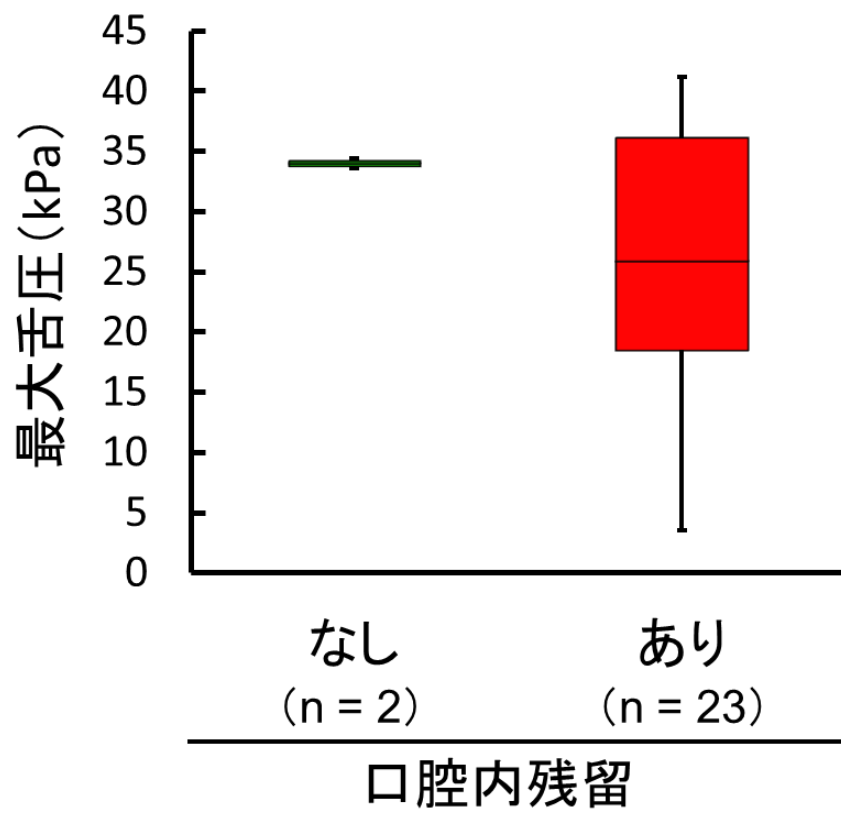


図 6

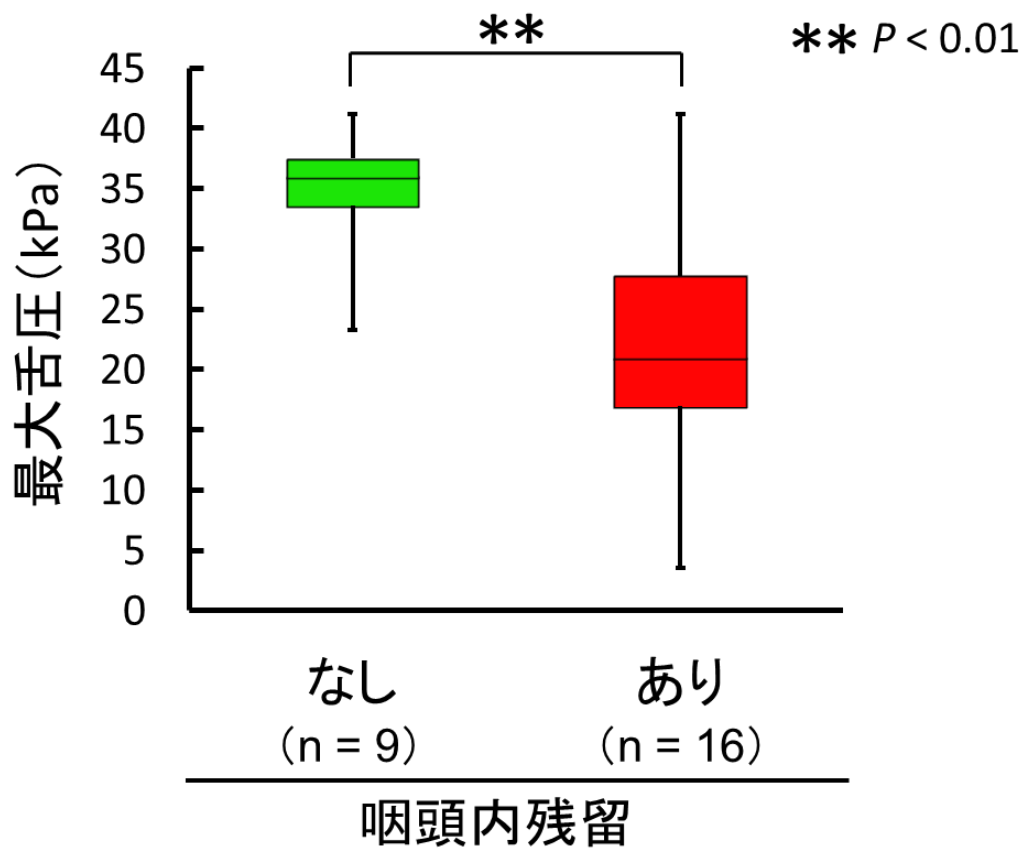


図 7

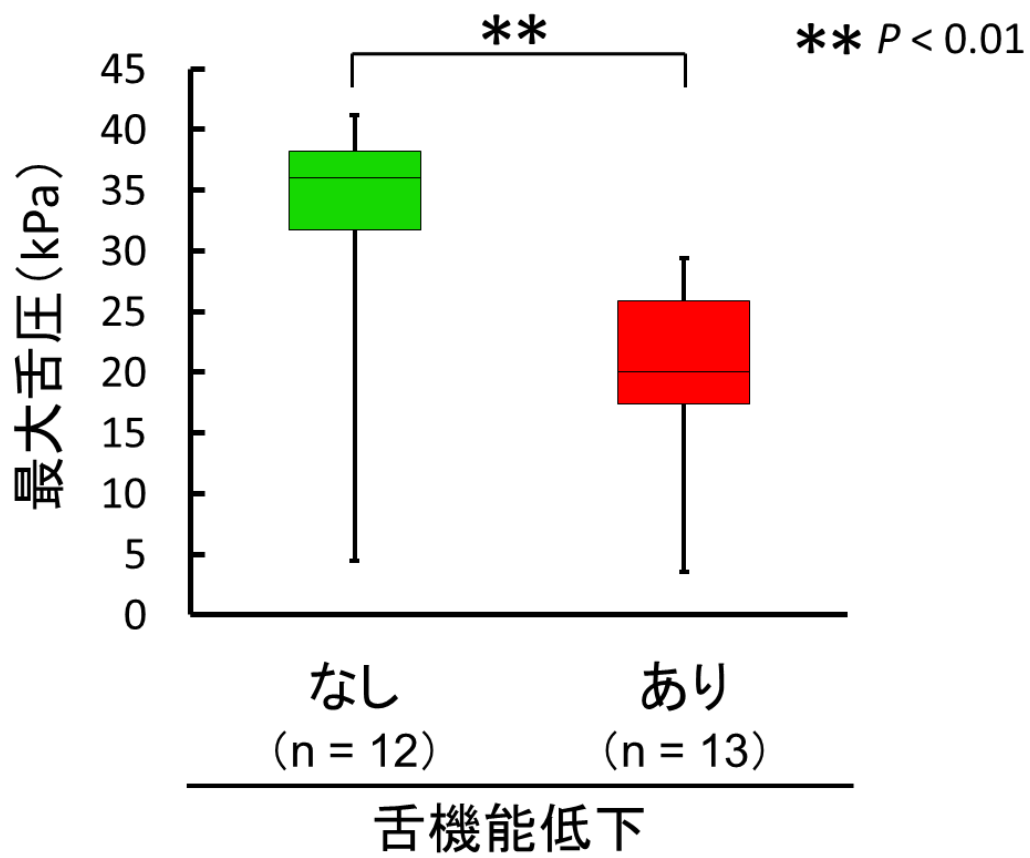


図 8

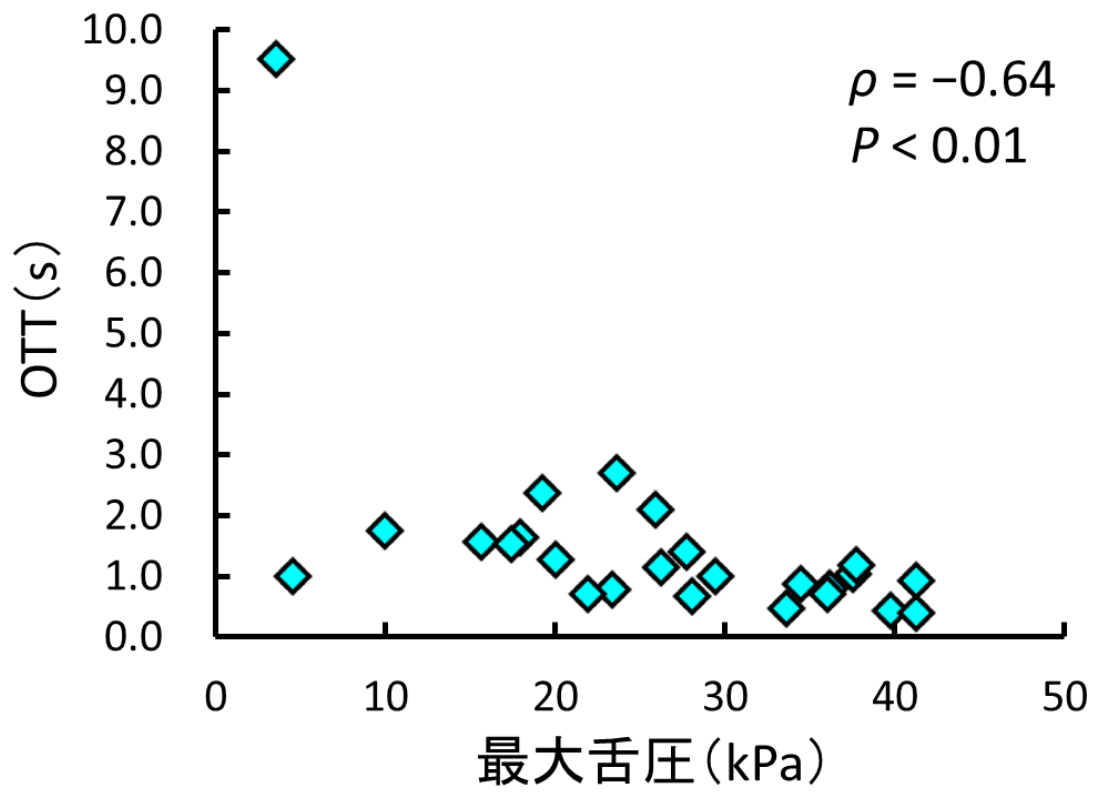


图 9

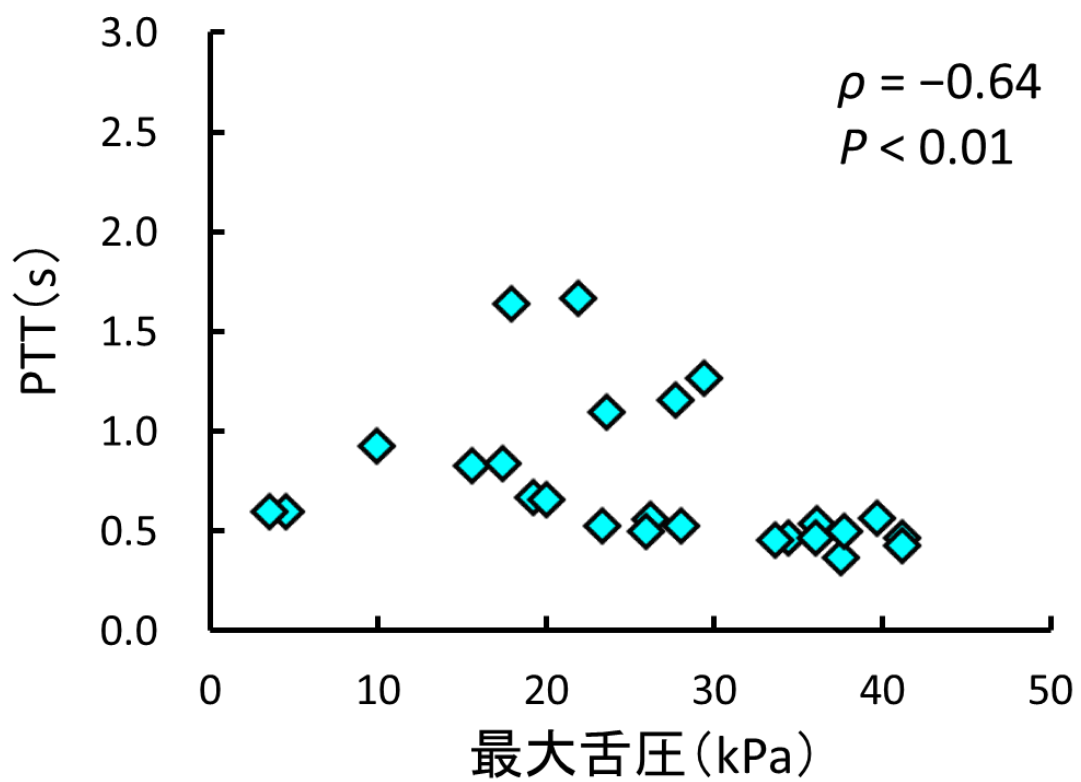


图 10

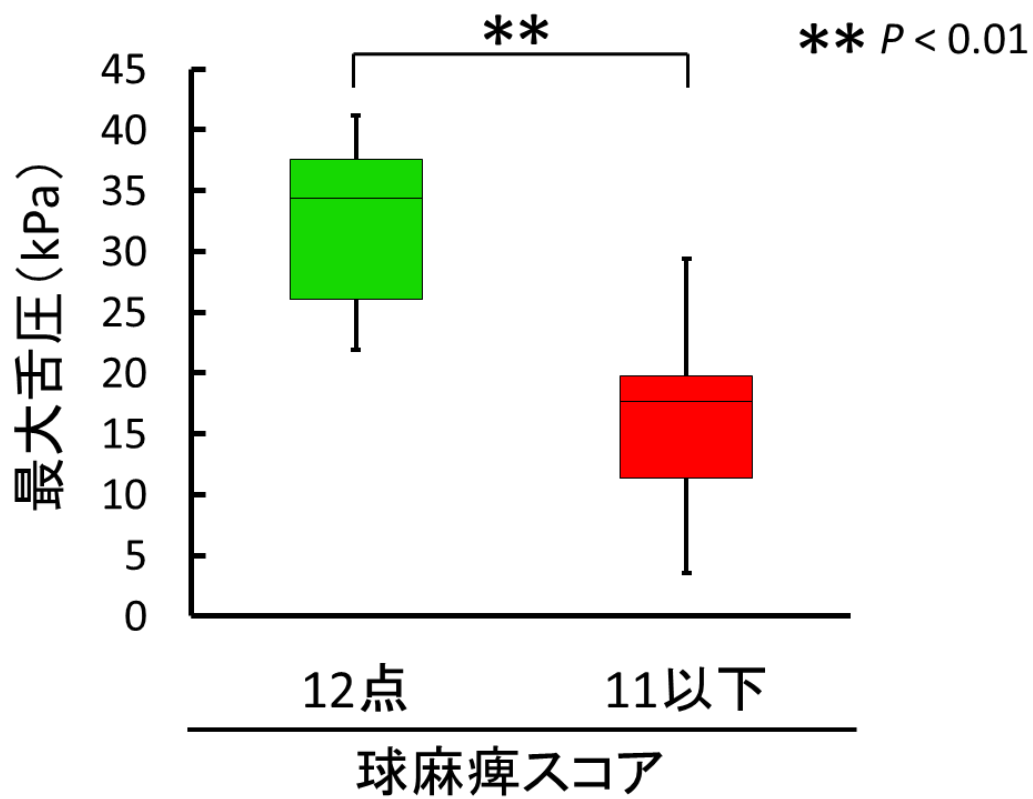


図 11

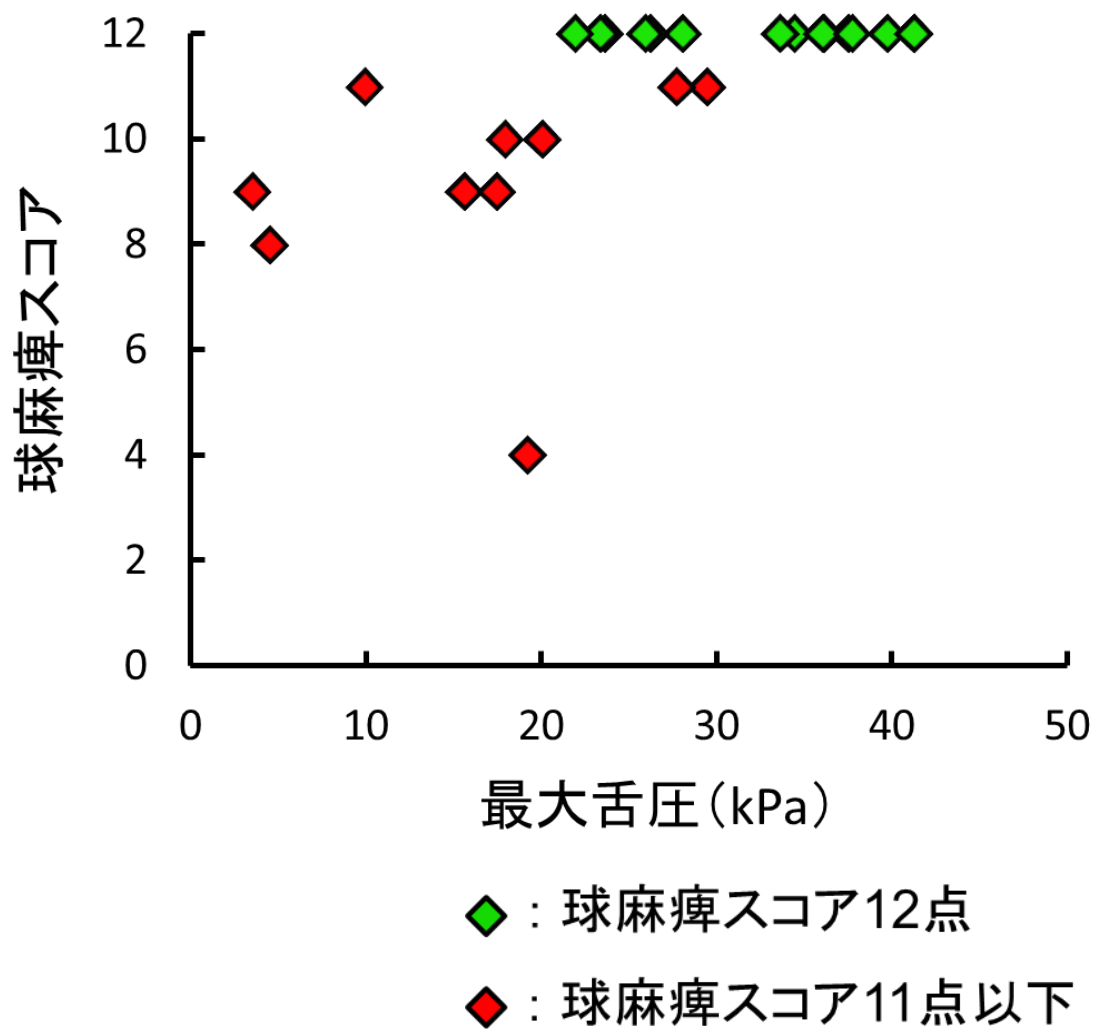


図 12

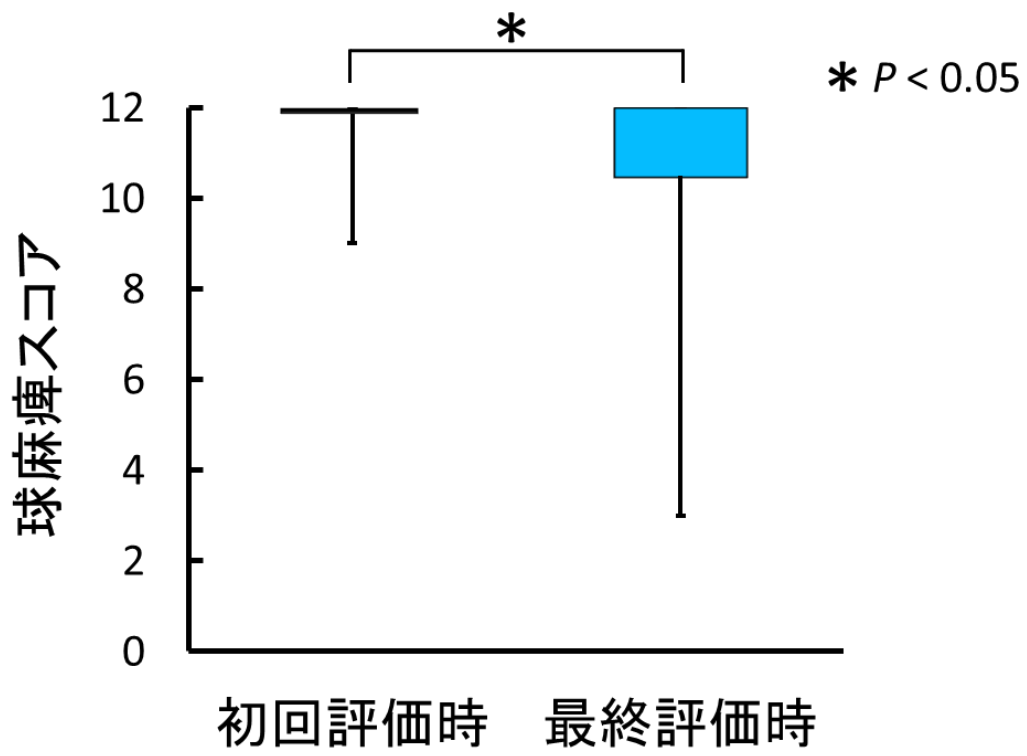


図 13

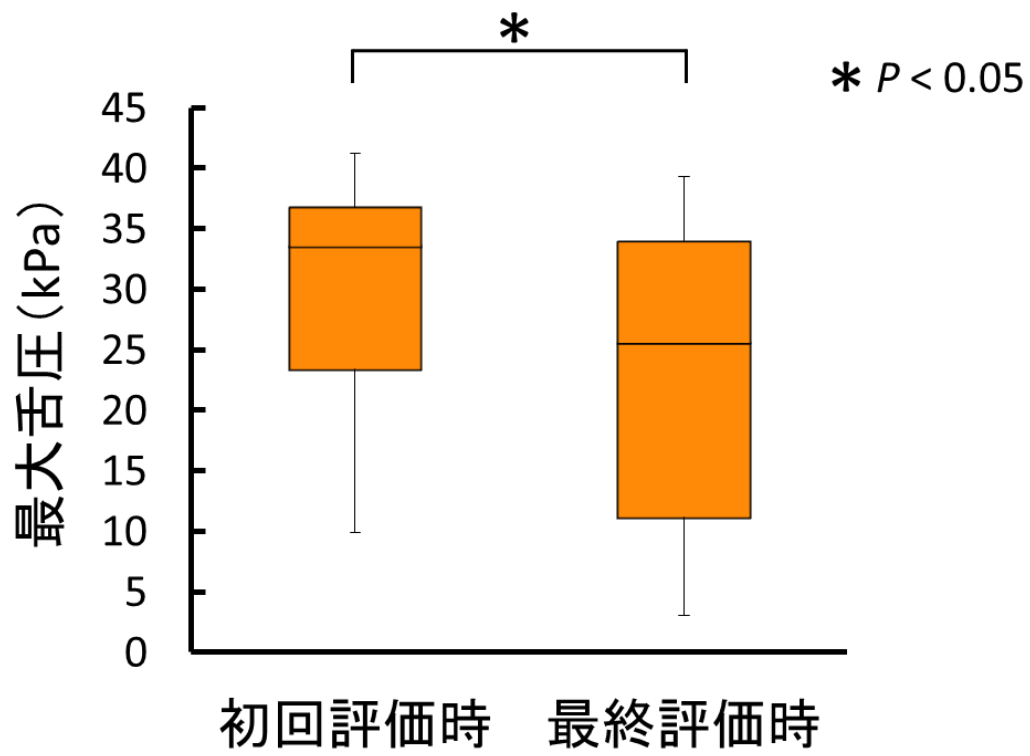


図 14

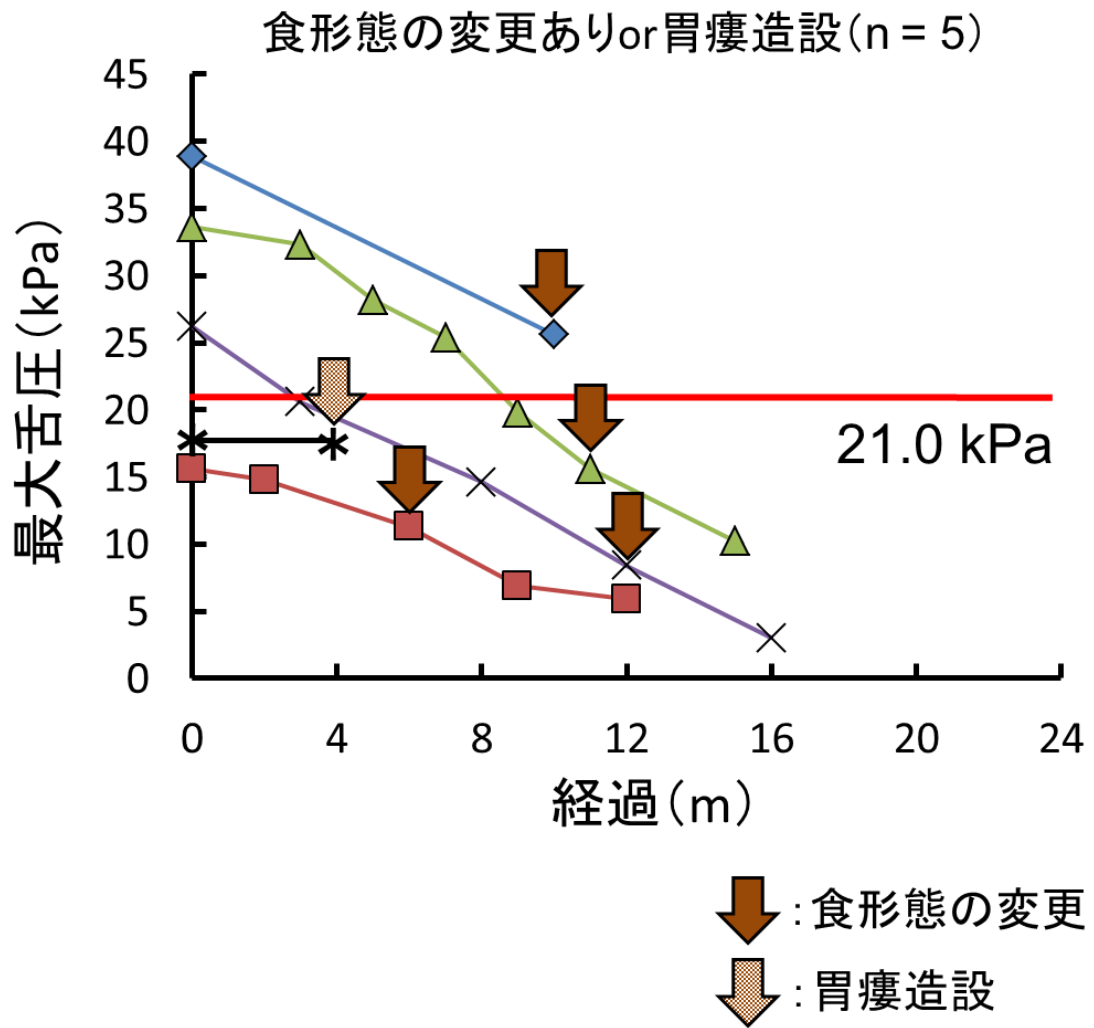


図 15

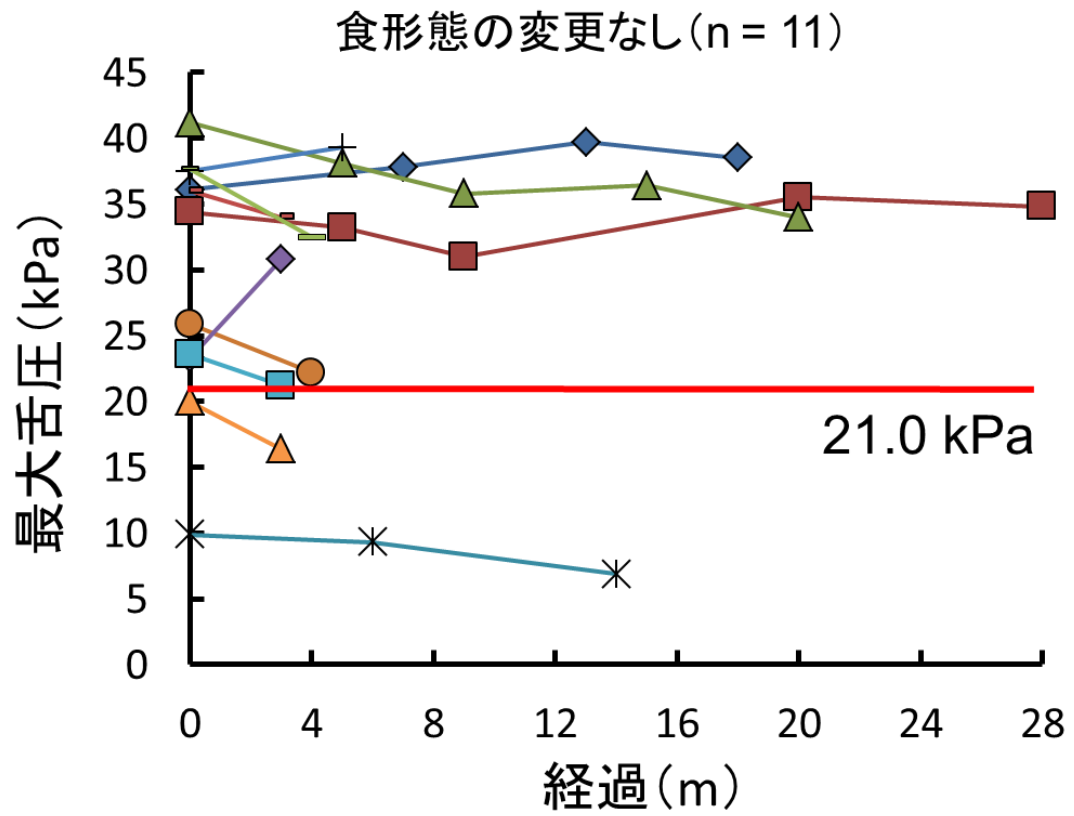


図 16