

加齢と嚥下障害が
舌骨上筋群の収縮力に及ぼす影響

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻

飯田 貴俊

(指導：植田 耕一郎 教授)

目 次

概要	.....	2
緒言	.....	8
対象および方法	.....	10
結果	.....	13
考察	.....	15
結論	.....	22
謝辞	.....	23
引用文献	.....	24

参考文献 Takatoshi Iida, Haruka Tohara, Satoko Wada, Ayako Nakane, Ryuichi Sanpei and Koichiro Ueda (2013) Aging decreases the strength of suprahyoid muscles involved in swallowing movements. *Tohoku J. Exp. Med.*, 231, 223-228.

概要

これまで多くの研究で嚥下機能に対する加齢の影響が報告されてきた。摂食・嚥下障害は高齢者によく見られる症状であり、高齢者の主な死因の一つである誤嚥性肺炎を引き起こすことが多い。顎舌骨筋などの舌骨上筋群は喉頭挙上に関連し、嚥下に重要な筋として注目されてきた。しかし、舌骨上筋群の収縮力に対する加齢の影響とその嚥下障害との関係は未だ不明である。

そこで著者らは、簡便に開口力を測定することで舌骨上筋群の収縮力を計測できる開口力測定器を開発した。多くの嚥下障害者は様々な疾患をもった高齢者であることから、評価の基準として健常な成人だけでなく、健常高齢者の開口力の平均値をあきらかにする必要がある。そして実際に嚥下障害をもった患者の舌骨上筋群の収縮力低下がおこっているか否かを明らかにすることは嚥下障害のメカニズムを解明するための一助となると考える。さらに、舌骨上筋群の収縮力強化訓練を効果的に行うためには明確なゴールの設定が必要である。本研究では、以下の目的のために健常高齢者と高齢嚥下障害者の開口力の基礎データを取得した。1) 舌骨上筋群の収縮力に対する加齢の影響を明らかにする、2) 舌骨上筋群の収縮力に対する嚥下障害の影響を明らかにする、3) リハビリテーションにおいて舌骨上筋群の収縮力強化訓練のゴール設定に役立つ基準値

を明確にする。

対象は、摂食・嚥下障害に関連する症状、既往、訴えのない健常のボランティア 150 名とし、その中で 70 歳未満の者 76 名（男性 38 名、女性 38 名、平均年齢 48.8 ± 13.8 歳、23 から 69 歳）および 70 歳以上である者 74 名（男性 37 名、女性 37 名、平均年齢 78.1 ± 4.8 歳、70 から 92 歳）をそれぞれの健常成人群、健常高齢者群に区分した。さらに、2011 年 5 月から 2012 年 12 月までに何らかの摂食・嚥下障害が疑われ、嚥下内視鏡検査を実施し、嚥下障害ありと判定され、かつ開口力測定が可能だった 70 歳以上の患者 68 名（男性 35 名、女性 33 名）を高齡嚥下障害者群とした。高齡嚥下障害者の原疾患は脳血管疾患 28 名、誤嚥性肺炎 15 名、廃用症候群 11 名、神経筋疾患 9 名、その他 5 名であった。本研究では健常成人群と健常高齢者群、健常高齢者群と高齡嚥下障害者群で開口力を比較した。開口力測定に使用した開口力測定器は布製ベルト、マジックテープ、熱可塑性スプリント剤、および小型の等尺性筋収縮力計からなり、マジックテープ付きのベルトで頭部を包み込み、チンキャップで下顎をホールドし、さらにベルトで頭部と下顎を固定する仕組みである。筋収縮力計は顎の真下に位置させ、被験者は可及的に最大の力で開口するよう指示して開口力計測を 3 回おこなった。統計解析には SPSS Statistics 17.0 J を使用し、3 回の計測結果から級内相関係数 (ICC) を算出した。その結果、検者内信頼性を示す一

要因の ICC (1, 1) は 0.907 であった。また、3 回の開口力計測の最大値を用いて健常成人群と健常高齢者群、健常高齢者群と高齢嚥下障害者群、およびそれぞれの男女間の比較を、対応のない t 検定にておこなった。効果量として *Cohen's d* を求めた。

最大開口力は、全体平均で健常成人：健常高齢者：高齢嚥下障害者 = 7.8 : 5.7 : 4.1 (単位 : kg) であり、男性では 9.7 : 7.0 : 4.5、女性では 5.9 : 4.4 : 3.7 であった。健常成人と健常高齢者とを比較すると、健常高齢者群の開口力は健常成人群のそれより有意に小さかった ($P < 0.01$)。また、効果量はすべての群間で $0.75 \leq d < 1.10$ であった。健常成人男性と健常高齢男性を比較した場合および健常成人女性と健常高齢女性を比較した場合でも、同様の結果が得られた。健常高齢者群と高齢嚥下障害者群を比較すると、高齢嚥下障害者群は健常高齢者群より有意に小さい値を示した ($P < 0.05$)。効果量は男性で $0.75 \leq d < 1.10$ 、女性では $0.40 < d < 0.75$ であった。

また、健常者全体で男女の比較をおこなったところ、男性の開口力の方が女性の開口力より有意に大きかった ($P < 0.01$) が、高齢嚥下障害者群では男女間に有意差は認められなかった。

過去の研究では顎と頭部を直接固定するものと、顎を装置自体に固定する形式の 2 種類の開口力測定装置が考案されている。頭部を固定しない形式の装置

によって計測された開口力は、平均で 12 kg 以上の測定値を示す場合が多いとされ、今回の結果と整合しない。これは背中を伸ばして頭部が動くときの力が開口力の計測結果に加算されてしまうためと思われる。著者らの計測法は、顎と頭部を直接ベルトで固定して計測する方法をとっているため、頭部の上下運動がおよぼす開口力への影響が最小限であり、より正確な計測を行うことが可能である。また、開口力測定器をつかった場合の検者内信頼性は ICC (1, 1) : 0.907 と高い値を示したことから、信頼性の高い計測結果が得られたと考えられる。

年齢による違いを調べた結果、70 歳以下の健常成人に比べ、70 歳以上の高齢者では有意に開口力が低かった。過去の報告において 70 歳以上の健常高齢者群と若年者群では、嚥下反射時間、嚥下中の舌骨挙上距離、嚥下圧に関して有意な違いがありと報告されており、本研究結果と同様の報告をしている。

健常高齢者群の開口力が健常成人群より弱い理由として、サルコペニア、すなわち加齢に伴う筋線維数の減少および筋横断面積の減少による筋収縮力低下の影響が報告されている。過去の報告では 70 歳以下でのサルコペニアの頻度は 13~24% であるが、70 歳を超えると急激にサルコペニアの頻度が増え、75 歳から 80 歳では 30% を超え、80 歳より上では 50% に達するといわれている。サルコペニアの特徴としては、遅筋よりも速筋が萎縮しやすい傾向がある。舌骨

上筋群を構成する筋肉はおもに速筋であるという報告があることから、高齢者ではサルコペニアにより舌骨上筋群の収縮力低下が誘導されたものと考えられる。

健常者と嚥下障害者を比較すると、70歳以上の健常高齢者よりも、高齢嚥下障害者の方が有意に開口力が小さかった。過去の研究でも、健常高齢者と比べて嚥下障害者では嚥下時の舌骨前上方移動量が有意に小さいと報告している。舌骨は嚥下時に舌骨上筋群によって前上方に牽引されるため、舌骨前上方移動量の低下は舌骨上筋群の収縮力低下と関連がある。また、他の研究では最大開口時に食道入口部の直径が嚥下障害者では健常者に比べ有意に小さくなると報告されている。食道入口部は舌骨の前上方移動によって甲状舌骨筋、甲状軟骨、輪状甲状筋を介して輪状軟骨が前方に牽引されて開大するため、食道入口部開大量の低下は舌骨上筋群の収縮力の低下と関連があると考えられている。つまり、これらの結果は舌骨上筋の収縮力が高齢嚥下障害者において低下していることを示している。しかし舌骨前上方移動量は舌骨下筋群の拘縮によっても低下し、食道入口部の開口量は舌骨上筋群の収縮をともなう舌骨前上方移動量低下だけでなく輪状咽頭筋の弛緩不全によっても引き起こされるため、実際の嚥下障害と舌骨上筋群の関連は不明である。

臨床では嚥下機能改善のために舌骨上筋群強化訓練が広くおこなわれてきた

が、訓練効果の判定は嚥下検査時の舌骨の運動や、誤嚥、咽頭残留等の所見から間接的に評価されるにすぎなかった。今後は訓練前後に開口力測定をおこなうことで、舌骨上筋群の訓練効果を具体的な数値として評価できる。本研究で得られた開口力の測定結果は、舌骨上筋群強化訓練のゴール設定のための基準値として利用できる。特に多くの嚥下障害者は高齢者であることから、健常高齢者の開口力平均値は臨床的に重要である。

今回の研究で70歳以上の健常高齢者と高齢嚥下障害者における舌骨上筋群の収縮力低下が明らかになった。しかし、嚥下障害の病因・病態は多岐にわたっており嚥下障害の程度や個々の病態で開口力がどのように変化するかは明らかになっていない。今後は対象数を増やし、個々の病因、例えば脳卒中、パーキンソン病などそれぞれの疾患での開口力の影響を調べる必要があると考える。

なお、本論文は *Tohoku Journal of Experimental Medicine* (2013) に掲載された *Aging decreases the strength of suprahyoid muscles involved in swallowing movements* を基幹論文とし、これに高齢嚥下障害者の開口力についての新しい実験データを加えて総括したものである。

緒言

摂食・嚥下障害は高齢者において高頻度に認められる症状であり，高齢者の主な死因の一つである誤嚥性肺炎を引き起こすことが多い。これまで多くの研究で嚥下機能に対する加齢の影響が報告されてきた¹⁻³⁾。加齢とともに咽頭残留（嚥下後咽頭腔に食物が残留する事），喉頭侵入（食物が喉頭内に入るが声帯をこえない事），誤嚥（食物が声帯をこえて気管に入る事）などの嚥下障害が頻発するが，この主な原因の一つに，嚥下時の喉頭および舌骨の挙上不全による食道入口部の開大不全がある。嚥下運動において重要である舌骨・喉頭挙上は，顎舌骨筋などの舌骨上筋群が重要な役割を担っている⁴⁾。舌骨上筋群は等張性および等尺性筋収縮を用いた頭部挙上訓練により強化されると報告されている⁵⁾が，これらの筋は開口時にも収縮することから^{6,7)}，舌骨上筋群に着目した開口訓練の開発が必要であると考えた⁸⁾。

近年，ビデオ嚥下造影検査（Videofluorography : VF）やビデオ嚥下内視鏡検査（Videoendoscopy : VE）のような一般的な嚥下の画像診断法による運動学的評価だけでなく，臨床的に重要な嚥下の強さの評価にも注目が集っている。例えば，舌圧センサーシートの使用による嚥下時舌圧の測定⁹⁾，ハイレゾリューションマンOMETRYによる嚥下圧の計測¹⁰⁾などが報告されている。しかし，これ

らの方法は特別な装置と技術的な専門知識が必要であり臨床では使いにくい。

そこで著者らは簡便に開口力を測る事で舌骨上筋群の収縮力を計測できる開口力測定器を開発し、健常成人の開口力に関する結果を報告した¹¹⁾。しかし、多くの嚥下障害患者は脳卒中やパーキンソン病や頭頸部癌に罹患した高齢者であり、高齢者の開口力を正確に評価するためには、健常高齢者と高齢嚥下障害者の参考値を設定する必要がある。本研究では、以下の目的のために健常高齢者と高齢嚥下障害者の開口力の基礎データを取得した。1) 舌骨上筋の収縮力に対する加齢の影響をあきらかにする。2) 舌骨上筋の収縮力に対する嚥下障害の影響をあきらかにする。3) リハビリテーションにおいて舌骨上筋群強化訓練のゴール設定に役立つ基準値を設定する。

対象および方法

1. 対象

1-1. 健常成人と健常高齢者の比較

対象は、摂食・嚥下障害に関連する症状、既往、訴えのない健常のボランティア 150 名とし、その中で 70 歳未満の者 76 名（男性 38 名、女性 38 名、平均年齢 48.8 ± 13.8 歳、23 から 69 歳）を健常成人群、70 歳以上の者 74 名（男性 37 名、女性 37 名、平均年齢 78.1 ± 4.8 歳、70 から 92 歳）を健常高齢者群に区分した。対象者は大学病院にてボランティアを募集した。

1-2. 健常高齢者と高齢嚥下障害者の比較

対象は、2011 年 5 月から 2012 年 12 月までに何らかの摂食・嚥下障害が疑われ、VE を実施し、嚥下障害ありと判定され、かつ開口力測定が可能だった 70 歳以上の患者 68 名（男性 35 名、女性 33 名、平均年齢 80.7 ± 6.0 、70 から 94 歳）を高齢嚥下障害者群とした。原疾患は脳血管疾患 28 名、誤嚥性肺炎 15 名、廃用症候群 11 名、神経筋疾患 9 名、その他 5 名であった。意識障害や認知症、高次脳機能障害により最大開口の指示に従えないものは除外した。

すべての対象からインフォームドコンセントを得た。また、本研究は日本大

学歯学部倫理委員会の承認（倫 2013-4）を受けて行った。

2. 方法

2-1. 開口力測定器

布製ベルト，マジックテープ，熱可塑性スプリント剤（LMB ブレンド，Hogy medical），および小型の等尺性筋収縮力計（ミュータス F1，アニマ）を用いて開口力測定器を作製した¹⁾（図 1A）。バンドは頭部周囲に 1 本（図 A-1），頭部周囲との頭頂部との固定用に 2 本（図 A-2），頭部周囲と下顎との固定用に 2 本用いた（図 A-3）。熱可塑性スプリント材はそれぞれのベルト固定部（図 A-4）やチンキャップ部（図 A-5）に使用し，開口時の筋収縮力を測定するために，チンキャップの直下に筋収縮力計（図 A-6）を固定し筋収縮力計とモニターを接続した（図 A-7）。そのチンキャップおよび筋収縮力計は下顎のバンドにて頭部周囲のバンドに固定した。

開口力測定器を装着した様子を示す（図 1B）。頭部周囲径および，頭部から下顎までの距離は被検者によって異なるため，それぞれの長さをマジックテープで調節可能とし，また計測時にはバンドが緩んで開口しないように，可及的にバンドを締めて固定した。頭頂部のバンドは頭頂でクロスするように位置させた（図 B-1）。チンキャップ部のバンドは，頭部周囲のバンド固定部より耳を

前後からはさんでチンキャップ直上でクロスするように位置させて（図 B-2），チンキャップを超えた後は同様に対側のバンド固定部に固定した。

2-2 計測方法

2-1 で示した開口力測定器を用いて開口力を測定した。測定者は摂食・嚥下機能評価に熟練した歯科医師とした。筋収縮力計は顎の真下に位置させた。被験者には可及的に最大の力で開口するよう指示し，3 回計測をおこない，最大値を測定値とした。

2-3 統計解析

統計解析には SPSS Statistics 17.0 J（SPSS Japan）を使用し，3 回の計測結果から ICC（1, 1）を算出した。健常成人群と健常高齢者群，高齢嚥下障害群および男女間の比較のために，対応のない t 検定をおこなった。効果量として *Cohen's d* を求めた。

結果

1. 信頼性試験

検者内信頼性を示す ICC (1, 1) は 0.907 であった。

2. 健常成人群と健常高齢者群との比較

健常成人群 (平均年齢 48.8 ± 13.8 歳, 23 から 69 歳) の開口力は, 全体平均で約 7.8 kg (男性平均 : 9.7 ± 2.8 kg ; 平均年齢 48.5 ± 13.4 歳, 26 から 69 歳 ; 女性平均 : 5.9 ± 1.6 kg ; 平均年齢 49.2 ± 14.4 歳, 23 から 69 歳), 健常高齢者群 (平均年齢 78.1 ± 4.7 歳, 70 から 92 歳) の開口力は平均 5.7 ± 2.3 kg (男性平均 : 7.0 ± 2.4 kg ; 平均年齢 78.1 ± 5.2 歳, 70 から 92 歳 ; 女性平均 4.4 : 1.1 kg ; 平均年齢 78.1 ± 4.5 歳 ; 70 から 86 歳) であった。健常高齢者群の開口力は健常成人群のそれより有意に小さかった ($P < 0.01$)。効果量はすべての群間で $0.75 \leq d < 1.10$ であった。健常成人男性と健常高齢男性を比較した場合および健常成人女性と健常高齢女性を比較した場合でも、同様の結果が得られた (表 1)。

3. 健常高齢者群と高齢嚥下障害者の比較

高齢嚥下障害者群 (平均年齢 80.7 ± 6.0 歳, 70 から 94 歳) の開口力は, 平

均 4.1 ± 2.2 kg (男性平均 : 4.5 ± 2.6 kg, 平均年齢 79.0 ± 6.8 歳, 70 歳から 93 歳, 女性平均 : 3.7 ± 1.5 kg ; 平均年齢 82.5 ± 4.6 歳, 72 歳から 94 歳) で, 健常高齢者群より有意に小さかった ($P < 0.05$)。効果量は男性で $0.75 = d < 1.10$, 女性では $0.40 < d < 0.75$ であった (表 2)。

4. 男女間の比較

健常者全体で男女の比較をおこなったところ, 男性の開口力が女性の開口力より有意に大きかった ($P < 0.01$) が, 高齢嚥下障害者群では男女間に有意差は認められなかった。

考察

1. 開口力の測定方法

開口力に関する過去の研究では顎と頭部を直接固定するものと、顎を装置自体に固定する形式の2種類の開口力測定装置が報告されている。頭部を固定しない形式の装置によって計測された健常成人の開口力としては、約14–17 kg¹²⁾、4–14 kg¹³⁾、約12 kg¹⁴⁾が報告されている。この装置では、開口時に頭部の反作用力が計測値に含まれてしまう。つまり、開口時に背中を伸ばして頭部が動く、開口力の計測値に頭部の反作用力が加算されてしまうことから、開口に必要な力だけを反映している計測とはいえない。本研究で得られた開口力の結果では、健常成人群では約8 kg、健常高齢者群では約6 kg、高齢嚥下障害者群では約4 kgであった。著者の結果は過去の報告よりも小さい値であるが、これは顎と頭部を直接ベルトで固定して計測する方法をとっていることから、頭部の上下運動がおよぼす開口力への影響が少なくなったためと考えられる。

著者の研究と同様、Fujiiらは頭部を固定源として使って開口力を測定した結果、健常成人で約2.5 kgであると報告した¹⁵⁾。著者らの結果と測定値が異なった理由が、用いた器具の違いによるかは今回の研究からは判断できない。いずれにしても、頭部の移動が開口力の測定結果に影響を及ぼさない測定方法を用

いることが重要であると考えられる。

2. 開口力測定信頼性

開口力測定器をつかった結果の検者内信頼性は ICC (1, 1) : 0.907 と高い値を示したことから、信頼性の高い測定結果が得られたと考えられる。

3. 開口力測定の意義について

舌は視診や触診が可能であり、構音や舌を運動させることでその機能を評価できる。軟口蓋挙上は口腔からの視診や開鼻声の有無や内視鏡で、また舌骨や喉頭の挙上については甲状軟骨の触診や視診で診査できる。一方、咽頭収縮は絞扼反射を利用した観察やカーテン兆候の確認によって評価することが可能であるが、食道入口部が開大しているかどうかを外部から観察する方法は存在しない。食道入口部の開大不全が嚥下障害の原因となっていることについての報告が複数存在する¹⁸⁻²⁴⁾ことから、同部についての外部からの評価法を確立することは重要である。食道入口部の開大と舌骨の前方移動は高い相関を示しているとの過去の報告^{25, 26)}を踏まえると、開口力測定により舌骨上筋の収縮力を測定することは、舌骨挙上の能力のみならず食道入口部開大を間接的に評価するために有用と思われる。しかし、食道入口部に搬痕などの器質的な変化が生じ

ている場合や、Cricopharyngeal bar と呼ばれる特異的な輪状咽頭筋の弛緩不全²⁷⁾を呈している場合などではその限りではない。

舌骨上筋群の中で、顎舌骨筋、顎二腹筋の前腹と、オトガイ舌骨筋は舌骨挙上だけでなく、開口運動にも関与する。舌骨が舌骨下筋群のはたらきにより固定されているとき、これらの筋が収縮すると、下顎が下制する。嚥下時には顎舌骨筋と顎二腹筋の収縮により舌骨が上方に引かれ、オトガイ舌骨筋の収縮により舌骨が前方に引かれる。このようにして、これらの筋が共同で舌骨の前上方運動に関与する^{6,7)}。

外側翼突筋も舌骨上筋群ではないが、開口に関与する。外側翼突筋が左右両側で収縮すると下顎全体が前方に動き、下顎を前突させながら開口する²⁸⁾。つまり、本研究で得られた開口力の計測結果は、嚥下に関与する舌骨上筋群だけでなく、嚥下に関与しない外側翼突筋収縮力の影響もうけている可能性がある。しかし、バンドは頭頂と顎に上下方向の固定をしているため前方運動による開口の影響は少ないと考えられる。

4. 年齢による影響

70歳以下の健常成人と比べて、70歳以上の高齢者は有意に開口力が低かった。Robbinsら¹⁾は食塊が口峽を通過してからの舌骨挙上にかかる時間と、食道通過

時間と、全嚥下時間を計測し、60代では20代、30代と違いがないが、70代では有意に延長がみられ、食道入口部開大の遅延もみられた。さらに、Kimら³⁾は嚥下中の舌骨挙上距離が70歳から87歳では20歳から51歳よりも短かったと報告しており、著者らの結果と整合性があった。Yokoyamaら²⁾のマノメトリーをつかった報告で、75歳から89歳の群は21歳から31歳の群および61歳から74歳の群よりも食道入口部括約筋の最小圧が有意に高いと報告していることも、本研究結果と一致している。著者らの過去の報告では、健常成人64名（平均年齢44.7 ± 12.6歳、24歳から64歳）の開口力は約8kg（男性：約10kg；女性：約6kg）であり、男性は女性より開口力が有意に大きかった。一方で年齢と開口力の間には相関はみられなかった¹⁾。

健常高齢者群の開口力が健常成人群より弱い理由として、Baumgartnerらが報告したサルコペニア、すなわち加齢に伴う筋線維数の減少および筋横断面積の減少による収縮力低下²⁹⁾の影響が考えられる。70歳以下でのサルコペニアの頻度は13～24%であるが、70歳を超えると急激にサルコペニア頻度が増え、75歳から80歳では30%を超え、80歳より上では50%に達すると報告されている²⁹⁾。サルコペニアの特徴として、Larssonらの報告によると遅筋よりも速筋が萎縮しやすい傾向がある³⁰⁾。さらにKorfageらのヒトの遺体を使った研究では舌骨上筋群を構成する筋肉はおもに速筋であるという報告がある³¹⁾ことから、高

齢者ではサルコペニアにより舌骨上筋群の収縮力低下が誘導されたものと考えられる。

5. 嚥下障害による影響

健常者と高齢嚥下障害者を比較すると、70歳以上の健常高齢者よりも、高齢嚥下障害者の方が有意に開口力が小さかった。過去の研究では、Kendall ら³²⁾は健常高齢者に比べて高齢嚥下障害者では嚥下時の舌骨前上方移動量が有意に小さいと報告している。舌骨は嚥下時に舌骨上筋群によって前上方に牽引されるため、舌骨前上方移動量の低下は舌骨上筋群の収縮力の低下と関連があると考えられる。また、Mattioli らは高齢嚥下障害者の方が、健常高齢者よりも食道入口部最大開口時の直径が有意に小さくなると報告している³³⁾。食道入口部は舌骨の前上方移動によって甲状舌骨筋、甲状軟骨、輪状甲状筋を介して輪状軟骨が前方に牽引されて開大するため、食道入口部開大量の低下は舌骨上筋群の収縮力の低下と関連があると考えられている。これらの結果は舌骨上筋の収縮力が嚥下障害によって低下することを示唆している。しかし、舌骨前上方移動量は舌骨下筋群の拘縮によっても低下し、食道入口部の開口量は舌骨上筋群の収縮をともなう舌骨前上方移動量低下だけでなく輪状咽頭筋の弛緩不全によっても引き起こされるため、実際の嚥下障害と舌骨上筋群の関連は不明である。

6. 訓練への応用

臨床では嚥下機能改善のために舌骨上筋群強化訓練が広くおこなわれてきた^{5, 8)}が、訓練効果の判定は嚥下検査時の舌骨の運動や、誤嚥、咽頭残留等の所見から間接的に評価されるにすぎなかった。今後は訓練前後に開口力測定をおこなうことで、舌骨上筋群の訓練効果を具体的な数値として評価できる。本研究で得られた健常成人の平均開口力（男性：9.7 kg [8.8–10.6]，女性：5.9 kg [5.4–6.4]（平均値 [95%信頼区間]））と健常高齢者の平均開口力（男性：7.0 kg [6.2–7.8]，女性：4.4 kg [4.1–4.8]）は舌骨上筋群強化訓練のゴール設定のための基準値として利用できる。特に多くの嚥下障害患者は高齢者であることから、健常高齢者の平均開口力は臨床的に重要である。実際に訓練によって開口力がどの程度変化するかについては今後の検討が必要である。

7. 開口力測定の限界

今回の研究では70歳以上の健常高齢者と嚥下障害者における舌骨上筋群の収縮力低下を明らかにした。しかし、嚥下障害の病因・病態は多岐にわたっており嚥下障害の程度や個々の病態で開口力がどのように変化するかは明らかになっていない。今後は対象数を増やし、個々の病因、例えば脳卒中、パーキンソン

ン病などそれぞれの疾患での開口力の影響を特定していく必要がある。

結論

本研究では、嚥下機能の加齢変化と嚥下障害による舌骨上筋群の収縮力への影響を明らかにするために、開口力を使用し、以下の結果を得た。1) 70歳以上の高齢者では舌骨上筋群の収縮力は加齢の影響によって減弱する。2) 嚥下障害をもつ患者では健常者よりも舌骨上筋群の収縮力が減弱している。3) 健常高齢者の開口力は男性平均で 7.0 [95%信頼区間：6.2-7.8] kg, 女性平均で 4.4 [4.1-4.8] kg であり、この結果は舌骨上筋群強化訓練のゴール設定に役立つ基準値となると思われる。

謝辞

本研究の実施にあたり、懇切丁寧なるご指導をいただきました日本大学大学院歯学研究科摂食機能療法学講座の植田耕一郎教授、東京医科歯科大学大学院口腔老化制御学講座高齢者歯科学分野の戸原玄准教授に深謝するとともに、心よりお礼申し上げます。また本研究にご協力いただいた摂食機能療法学講座の諸先生方に心より感謝いたします。

最後に、大学院進学を可能にしてくれた両親に感謝します。

なお、本研究の一部は平成 24 年度日本大学大学院歯学研究科研究費（学生研究費）の補助によるものである。

引用文献

- 1) Robbins, J., Hamilton, J.W., Lof, G.L. & Kempster, G.B. (1992) Oropharyngeal swallowing in normal adults of different ages. *Gastroenterology*, **103**, 823-829.
- 2) Yokoyama, M., Mitomi, N., Tetsuka, K., Tayama, N. & Niimi, S. (2000) Role of laryngeal movement and effect of aging on swallowing pressure in the pharynx and upper esophageal sphincter. *Laryngoscope*, **110**, 434-439.
- 3) Kim, Y. & McCullough, G.H. (2008) Maximum hyoid displacement in normal swallowing. *Dysphagia*, **23**, 274-279.
- 4) Feng, X., Todd, T., Lintzenich, C.R., Ding, J., Carr, J.J., Ge, Y., Browne, J.D., Dritchvsky, S.B. & Butler, S.G. (2013) Aging-related geniohyoid muscle atrophy is related to aspiration status in healthy older adults. *J. Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.*, **68**, 853-860.
- 5) Shaker, R., Kern, M., Barden, E., Taylor, A., Stewart, E.T., Hoffmann, R.G., Arndorfer, R.C., Hofmann, C. & Bonnevier, J. (1997) Augmentation of deglutitive upper esophageal sphincter opening in the elderly by exercise. *Am. J. Physiol.*, **272**, 1518-1522.

- 6) Pancherz, H., Winnberg, A. & Westesson, P.L. (1986) Masticatory muscle activity and hyoid bone behavior during cyclic jaw movements in man. A synchronized electromyographic and videofluorographic study. *Am. J. Orthod.*, **89**, 122-131.
- 7) Ahlgren, J. (1978) Relationship between integrated EMG and tension in opening of the mandible. In *Oral Physiology and Occlusion*, edited by Perryman, J.H., Pergamon Press, New York, 41-54.
- 8) Wada, S., Tohara, H., Iida, T., Inoue, M., Sato, M., Sanpei, R. & Ueda, K. (2012) Jaw opening Exercise for Insufficient Opening of Upper Esophageal Sphincter. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, **93**, 1995-1999.
- 9) Ono, T., Hori, K. & Nokubi, T. (2004) Pattern of tongue pressure on hard palate during swallowing. *Dysphagia*, **19**, 259-264.
- 10) Nativ-Zeltzer, N., Kahrilas, P.J. & Logemann, L.A. (2012) Manofluorography in the evaluation of oropharyngeal dysphagia. *Dysphagia*, **27**, 151-161.
- 11) 戸原 玄, 和田聡子, 三瓶龍一, 井上統温, 佐藤光保, 飯田貴俊, 蝦原賀子, 岡田猛司, 島野嵩也, 石山寿子, 中川量晴, 植田耕一郎 (2011) 簡易な開口力測定器の開発ー第1報: 健常者の開口力, 握力および年齢との比較, 老年歯学, **26**, 78-84.

- 12) Yildirim, E. & DeVincenzo, J.P. (1971) Maximum opening and closing forces exerted by diverse skeletal types. *Angle Orthodont.*, **41**, 230-235.
- 13) Wood, G.D. & Williams, J.E. (1981) Gnathodynamometers: measuring opening and closing forces. *Dent. Update*, **8**, 239-247.
- 14) Sharkey, P., Boyle, D.K., Orchardson, R. & McGowan, D.A. (1984) Jaw opening forces in human subjects. *Br. Dent. J.*, **156**, 89-92.
- 15) Fujii, T., Sato, H., Nakamura, T. & Fujii, H. (1985) Study on active jaw opening forces in man. *J. Prosthodont. Res.*, **29**, 235-240.
- 16) 小山祐司, 石田あきら, 酒泉和夫 (2005) 頸椎介達牽引器を用いた開口力測定 : 舌癌術後の開口運動, 日摂食・嚥下リハ会誌, **9**, 228-233
- 17) Koyama, Y., Izumi, S., Sakaizumi, K., Toyokura, M. & Ishida, A. (2005) Development of a new mouth opening force test using an indirect cervical traction device. *Tokai J. Exp. Clin. Med.*, **30**, 7-10.
- 18) Crichlow, T.V.L. (1956) The cricopharyngeus in radiography and cineradiography. *Br. J. Radiol.*, **29**, 546-556.
- 19) Belsey, R. (1966) Functional disease of the esophagus. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **52**, 164-188.

- 20) Silbiger, M.L., Pikielney, R. & Donner, M.W. (1967) Neuromuscular disorders affecting the pharynx: cineradiographic analysis. *Invest. Radiol.*, **2**, 442-448.
- 21) Ekberg, O. & Nylander, G. (1982) Dysfunction of the cricopharyngeus muscle: a cineradiographic study of patients with dysphagia. *Radiology*, **143**, 481-486.
- 22) Curtis, D.J., Cruess, D.F. & Berg, T. (1984) The cricopharyngeal muscle: a videorecording review. *Am. J. Radiol.*, **142**, 497-500.
- 23) Ekberg, O. & Wahlgren, L. (1985) Dysfunction of pharyngeal swallowing: a cineradiographic investigation in 854 dysphagial patients. *Acta Radiol. Diag.*, **26**, 389-395.
- 24) Baredes, S., Shah, C.S. & Kaufman, R. (1997) The frequency of cricopharyngeal dysfunction on videofluoroscopic swallowing studies in patients with dysphagia. *Am. J. Otolaryngol.*, **18**, 185-189.
- 25) Jacob, P., Kahrilas, P.J., Logemann, J.A., Shah, V. & Ha, T. (1989) Upper esophageal sphincter opening and modulation during swallowing. *Gastroenterology*, **97**, 1469-1478.
- 26) Nakane, A., Tohara, H., Ouchi, Y., Goto, S. & Uematsu, H. (2006) Videofluoroscopic kinesiological analysis of swallowing; Defining a standard plane. *J. Med. Dent. Sci.*, **53**, 7-15.

- 27) Dantas, R.O., Cook, I.J., Dodds, W.J., Kern, M.K., Lang, I.M. & Brasseur, J.G. (1990) Biomechanics of cricopharyngeal bars. *Gastroenterology*, **99**, 1269-1274.
- 28) Grant, P.G. (1973) Lateral pterygoid: two muscles?. *Am. J. Anat.*, **138**, 1-9.
- 29) Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S.B., Ross, R.R., Garry, P.J. & Lindeman, R.D. (1998) Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am. J. Epidemiol.*, **147**, 755-763.
- 30) Larsson, L., Yu, F., Höök, P., Ramamurthy, B., Marx, J.O. & Pircher, P. (2001) Effects of aging on regulation of muscle contraction at the motor unit, muscle cell, and molecular levels. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, **11**, 28-43.
- 31) Korfage, J.A., Schueler, Y.T., Brugman, P. & Van Eijden, T.M. (2001) Differences in myosin heavy-chain composition between human jaw-closing muscles and supra- and infrahyoid muscles. *Arch. Oral Biol.*, **46**, 821-827.
- 32) Kendall, K.A., Leonard, R.J. (2001) Hyoid movement during swallowing in older patients with dysphagia. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.*, **127**, 1224-1229.
- 33) Mattioli, S., Lugaresi, M., Zannoli, R., Brusori, S., d'Ovidio, F., Braccaioli, L. (2003) Pharyngoesophageal manometry with an original balloon sensor probe for the study of oropharyngeal dysphagia. *Dysphagia*, **18**, 242-248.

図および表

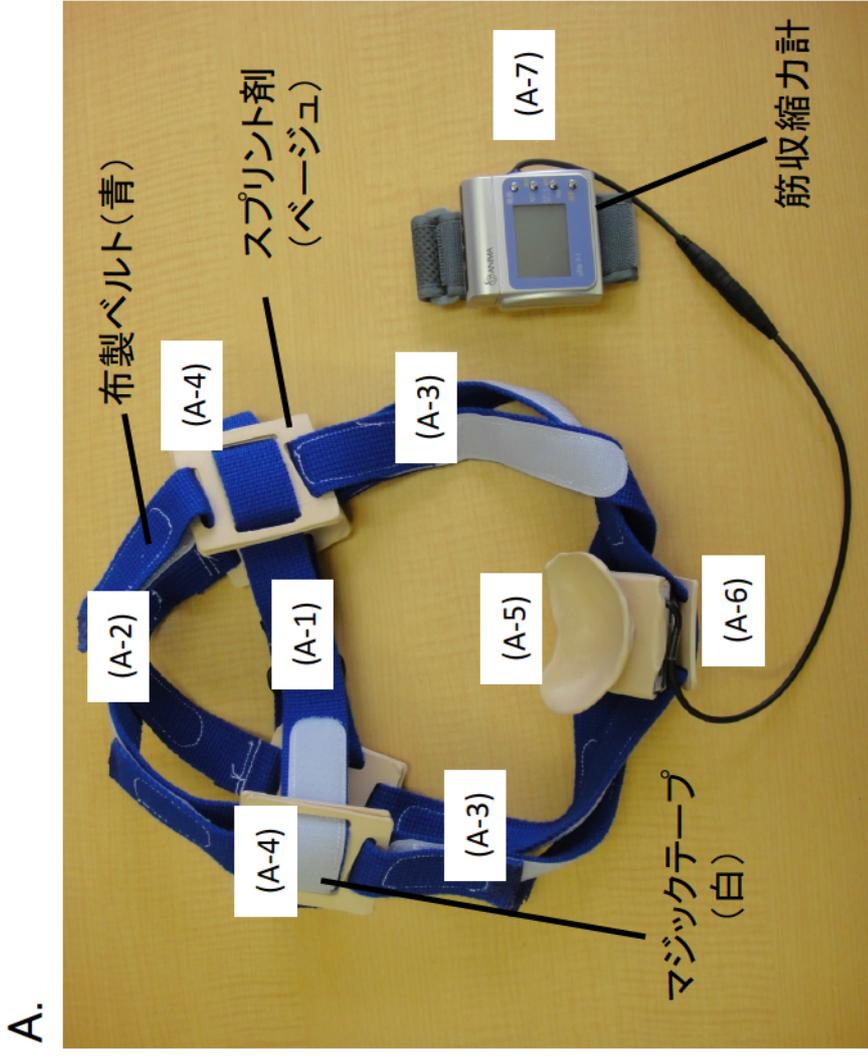


図1 A. 開口力測定器
 布製ベルト, マジックテープ, 熱可塑性スプリント剤(LMBブレンド, Higy medical), および筋収縮力計(ミュータスF1, アニマ)からなる。
 B. 開口力測定時の状態
 頭部および下顎にバンドおよびチンキヤップを合わせて, 開口できないように可及的にバンドを締め固定する。

表1：健康成人と健康高齢者における開口力の比較

	健康成人 (kg)		健康高齢者 (kg)		健康成人と 健康高齢者の比較	
	Mean ± SD (95% C.I.)	Mean ± SD (95% C.I.)	Mean ± SD (95% C.I.)	P	P	効果量 (d)
男	9.7 ± 2.8 (8.8-10.6)	7.0 ± 2.4 (6.2-7.8)	< 0.01	< 0.01		1.03
女	5.9 ± 1.6 (5.4-6.4)	4.4 ± 1.1 (4.1-4.8)	< 0.01	< 0.01		1.09
全体	7.8 ± 3.0 (7.1-8.5)	5.7 ± 2.3 (5.2-6.2)	< 0.01	< 0.01		0.78
<hr/>						
	P	< 0.01	< 0.01			
男女比較	効果量 (d)	1.67	1.39			

表2：健常高齢者と高齢嚥下障害者における開口力の比較

	健常高齢者 (kg)		高齢嚥下障害者 (kg)		健常高齢者と高齢嚥下障害者の比較	
	Mean ± SD (95% C.I.)	Mean ± SD (95% C.I.)	Mean ± SD (95% C.I.)	Mean ± SD (95% C.I.)	<i>P</i>	効果量 (<i>d</i>)
男	7.0 ± 2.4 (6.2-7.8)	4.5 ± 2.6 (3.6-5.4)	< 0.01	1.00		
女	4.4 ± 1.1 (4.1-4.8)	3.7 ± 1.5 (3.2-4.2)	< 0.05	0.53		
全体	5.7 ± 2.3 (5.2-6.2)	4.1 ± 2.2 (3.6-4.6)	< 0.01	0.71		
<i>P</i>		< 0.01		0.17		
男女比較	効果量 (<i>d</i>)	1.39	0.38			