

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 14 日現在

機関番号：32206

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500627

研究課題名(和文) バルーン内圧測定装置を用いた嚥下圧測定法の開発と嚥下障害治療への応用

研究課題名(英文) Development of a new balloon type manometry and clinical utilization of swallowing rehabilitation

研究代表者

太田 喜久夫(ota, kikuo)

国際医療福祉大学・大学病院・教授

研究者番号：00246034

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：バルーン型嚥下圧測定装置を開発し、その精度と安全性を確認した。高解像度マンOMETRYとの一致率は $R^2=0.97$ で高い精度を示した。また、バルーンカテーテルは1kgfまでの牽引力では破損しないことを確認した。バルーンカテーテルへの牽引力は、喉頭蓋谷に留置した時に努力嚥下時で3.6Nと最も強いことを確認した。健常者5名による喉頭蓋谷部のバルーン内圧は、空嚥下時よりも努力嚥下時で増加した。嚥下障害者7名では、嚥下重症度によって喉頭蓋谷部の嚥下圧が低下することを確認した。開発したバルーン型嚥下圧測定装置は、安全に嚥下障害患者の喉頭蓋谷部嚥下圧測定が可能であり、嚥下訓練評価に有用と考えられた。

研究成果の概要(英文)： We developed a new balloon type manometry and detected its measurement accuracy and safety. The measurement accuracy between the high-resolution manometry and this new balloon type manometry was extremely precise($R^2=0.97$). The balloon was not broken by less than 1kgf pulling force. The pulling force of balloon catheter during hard swallowing at vallecular was measured by a tension meter, and it indicated 3.6N.

Intra-balloon pressure of five healthy subjects at vallecula during hard swallowing were higher than that during air swallowing. Seven dysphagics expressed lower intra-balloon pressure at vallecula during both air and hard swallowing according to dysphagia severity scale. This new balloon type manometry is clinically useful and safety to detect swallowing pressure at vallecula.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：マンOMETRY 嚥下圧 嚥下障害 リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

摂食・嚥下障害は、食べることの喜びが失われるだけでなく、低栄養や脱水、誤嚥性肺炎を引き起こす要因の一つであり、脳血管障害患者や高齢者において特に重要視されている。高齢者肺炎の多くは誤嚥性肺炎と考えられており、急速に高齢化が進んでいる本邦においては摂食・嚥下障害の評価・治療・訓練法の確立が重要である。嚥下障害の評価法には、嚥下造影検査や嚥下内視鏡検査、さらには嚥下圧を測定する方法などがある。

このうち、嚥下圧測定は、嚥下時に食塊が食道へ輸送される際の圧力を測定するものである。その圧力は、嚥下の咽頭相における舌運動や軟口蓋挙上・収縮による鼻咽腔閉鎖、咽頭収縮筋の蠕動様運動などによって形成されるものであり、嚥下時の食塊輸送に重要な働きを担っている。嚥下圧の上昇と舌骨・喉頭挙上ともなう食道入口部の輪状咽頭筋弛緩が協調して出現することによって食塊は食道へと輸送されるわけであるが、それらのうちいずれかが障害されると食塊の食道への輸送が困難となり、嚥下後に咽頭に食塊が残留する結果となる。残留誤嚥となる場合もあり、誤嚥性肺炎の原因となりやすい。

このように嚥下圧測定は、嚥下障害のメカニズムを評価することが可能であり、嚥下訓練法の適応判定に有用である。また、喉頭機能再建術の術式検討にも利用されている。しかし、これまでの嚥下圧測定法は、圧トランスデューサーを配置したカテーテルを用いるものが一般的であり、センサーが存在する部位に限定された一方向性の圧力を測定するにとどまっていた。近年は、全周性の圧センサーを1cm間隔で配置する高解像度マノメトリー (Manoscan[®]) が開発され、鼻腔から食道下部まで嚥下時の圧力変化を詳細に測定することが可能となり、嚥下圧の時間的・空間的变化を計測できるようになった。しかし、食塊に加わる圧力を直接評価する嚥下圧測定法はまだ開発されていない。食塊を想定したバルーンセンサーに直接加わる圧力を測定できるようにすることで、嚥下圧を生じさせるメカニズムをさらに詳細に評価することが可能となると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 食塊に加わる圧力に相当するバルーン内圧を測定できる装置を開発し、嚥下時に咽頭内に留置したバルーンに加わる圧力を評価できるようにすること。

(2) 嚥下障害患者を対象として嚥下時の咽頭圧を測定し、嚥下訓練法の適応判定や、嚥下訓練法の効果確認に応用できるようにすること。

3. 研究の方法

(1) バルーン型嚥下圧測定装置の開発

① バルーン型嚥下圧測定装置の作成：測定装

置のコンセプトは、次のようにした。嚥下圧測定センサーは、空気で膨らませ大気圧下において定常状態となるバルーンカテーテルを用いること。バルーン内圧が測定可能なトランスデューサーに接続できること。圧力変化を数値記録できること。また、圧力変化を波形でコンピューターモニター画面にて表示できるようにすることとした。

② バルーン型嚥下圧測定装置の精度および安全性の検討：

i) 水中圧を利用した精度測定：直径3cm・深さ1mの円筒型水槽にバルーン型センサーを取り付けた金属棒を沈ませ、水中圧と比較した。

ii) 高解像度マノメトリー (manoscan[®]) を利用した精度測定：manoscan[®]とバルーン型センサーに同時に圧力を加え、10ポイントでの圧力を比較し、一致率を検討した。

iii) 安全性の検討：バルーンカテーテルの連結管を万力で固定し、バルーンセンサーのゴム部分を張力計で牽引し、破損する牽引力を10回測定した。さらに、健常者3名を対象として、喉頭蓋谷にバルーンを留置し、空嚥下時および努力嚥下時における食道方向へのバルーンに加わる駆出力を連結管に加わる牽引力として張力計で測定した。

(2) バルーン型嚥下圧測定装置を用いた臨床応用についての検討：

① 健常者における嚥下時バルーン内圧の変化の検討：研究に同意した男性健常者5名(24~56歳)を対象とし、バルーン型センサーを咽頭中部(口峡から喉頭蓋谷に相当)に留置して嚥下時のバルーン内圧を測定した。評価項目：咽頭圧4項目；空嚥下時咽頭圧(頭部直立位、頭頸部屈曲位)。努力嚥下時咽頭圧(頭部直立位、頭頸部屈曲位)。それぞれ3回測定し、平均値を採用した。

② 嚥下障害者における嚥下時バルーン内圧の変化の検討：研究に同意し、嚥下造影検査を実施した嚥下障害患者7名(24~76歳)を対象とし、嚥下手技による嚥下時咽頭圧の変化を測定した。対象疾患は、脳幹梗塞(ワレンベルグ症候群)2名、筋萎縮性側索硬化症2名、筋ジストロフィー1名、食道がん術後1名、喉頭がん術後1名であった。全例経口摂取可能であった。

バルーン型センサーは咽頭中部(口峡から喉頭蓋谷に相当)に留置した。評価項目：咽頭圧4項目；空嚥下時咽頭圧(頭部直立位、頭頸部屈曲位)。努力嚥下時咽頭圧(頭部直立位、頭頸部屈曲位)。それぞれ3回測定し、平均値を採用した。また、嚥下時咽頭内圧と嚥下造影検査での喉頭蓋谷部残留程度を比較検討した。残留程度の評価における検査食は、50%バリウムトロミ液4mlを用い、評価尺度は日本摂食嚥下学会の3段階スケールを用いた。

4. 研究成果

(1) バルーン型嚙下圧測定装置の開発

①バルーン型嚙下圧測定装置の作成：嚙下圧測定センサーは、空気で膨らませ大気圧下において定常状態となるバルーンカテーテルを用いることとし、直腸圧測定用バルーンカテーテル(RPC-9P)を利用した。バルーン内圧が測定可能なトランスデューサーとして、JMS 型舌圧測定器を利用し、図1のようにシステムを構築した。バルーンはJMS 型舌圧測定装置によって空気が送り込まれ、一定の定常圧となることを確認し、基準圧とした。バルーンはポリ塩化ビニール製でアレルギー反応は生じにくい材質である。

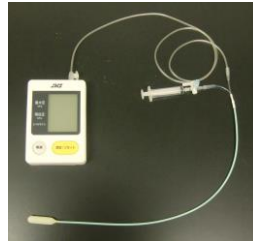


図1. バルーン型嚙下圧測定装置

また、JMS 型舌圧測定装置に専用ソフトを用いたパーソナルコンピュータに接続することで、測定時に嚙下圧波形を確認できるようにした。また、記録された測定データでグラフを作成することも可能にした。



図2 嚙下圧測定値のモニター画面

②バルーン型嚙下圧測定装置の精度および安全性の検討：

i) 水中圧での検討：図3のように、直径3cm、深さ1mの円筒型水槽にバルーン型センサーを取り付けた金属棒を沈ませ、水中圧と比較した。測定時の水温は15℃で、1気圧の条件で実施した。5回測定しその平均値と理論値と比較し、0~90cmH₂Oの圧力範囲であれば、1.19×実測値で換算可能であった。

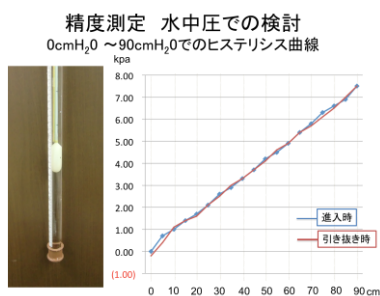


図3 水中圧を用いた精度測定

ii) Manoscan[®]での検討：バルーン型嚙下圧測定装置のバルーン部分と Manoscan[®]の

センサー部分における10ポイントでの圧力比較は、 $R^2=0.97$ であり、強い相関を示した(図4)。

精度測定 Manoscan[®]との比較

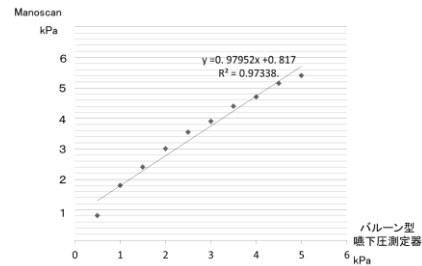


図4. Manoscan[®]を用いた精度測定

iii)安全性の検討：開発したバルーンは1kgfまでの牽引力ではバルーン部分は連結チューブから外れず、破損もしなかった。また、連結チューブ部分は10kgfの牽引力でも破断せず長さにも変化がみられなかった。健常者3名における喉頭蓋谷での努力嚙下時での連結管に加わる張力は、最大で3.6N(0.367kgf)であり、嚙下圧測定でバルーンが破損する危険は少ないと判断した。

(2) バルーン型嚙下圧測定装置を用いた臨床応用についての検討：

①健常者における嚙下時バルーン内圧の変化の検討：測定された空嚙下時および努力嚙下時の喉頭蓋谷部でのバルーン内圧は、頭頸部直立位において、空嚙下時 10.3 ± 1.4 kPa、努力嚙下時 17.9 ± 2.8 kPa、頭頸部屈曲位において空嚙下時 10.0 ± 2.1 kPa、努力嚙下時 19.1 ± 1.9 kPa であった。努力嚙下時には有意に空嚙下時よりもバルーン内圧は増加したが、嚙下手技の一つである頭頸部屈曲位と頭頸部直立位との間に有意差は見られなかった(図5)。従来から頭頸部屈曲位は嚙下圧が高まり、喉頭蓋谷の残留を減らす効果があるとされてきたが、本研究では健常者においては空嚙下時でも努力嚙下時でも有意差は生じなかった。

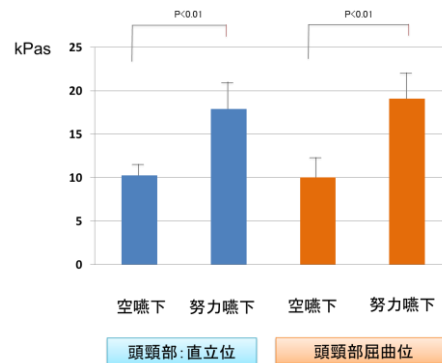


図5. 健常者での喉頭蓋谷嚙下圧の比較

(※paired t-test)

②嚙下障害者における嚙下時バルーン内圧の変化の検討：測定された空嚙下時および努力嚙下時の喉頭蓋谷部でのバルーン内圧は、

空嚥下時:頭頸部直立位 7.0 kPa(2.7-13.4)、頭頸部屈曲位 7.1 kPa(2.8-17)。努力嚥下時:頭頸部直立位:9.9 kPa(2.4-16.8)、頭頸部屈曲位 9.0 kPa(1.9-16.3)であった(図6)。健常者と比較して、嚥下障害の重症度によって嚥下時のバルーン内圧は大きく異なった。

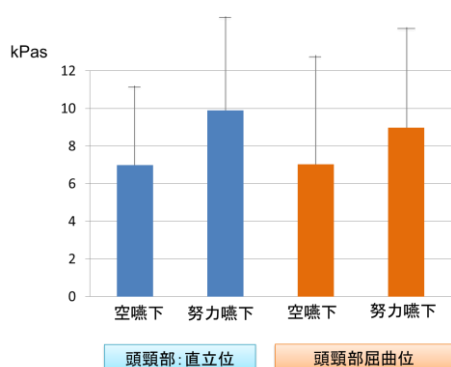


図6. 嚥下障害者での喉頭蓋谷嚥下圧の比較

また、嚥下造影検査で喉頭蓋谷の残留が多いもの(3段階スケールで重度の残留)は、バルーン内圧が5kPa以下の患者であり、喉頭蓋谷部の嚥下圧が低い傾向にあった。

健常者と同様に、頭頸部直立位と頭頸部屈曲位では、嚥下時バルーン内圧に有意差はみられなかったが、7名中2名は、頭頸部屈曲位でバルーン内圧が増加しており、症例によっては頭頸部屈曲位による喉頭蓋谷の残留を減らす効果があることが示唆された。

(3) 研究成果のまとめと今後の展望

食塊に加わる嚥下時咽頭圧を、空気を充填したバルーン内圧を測定することによって推測できるバルーン型嚥下圧測定装置を開発した。今回採用したバルーンは直腸圧測定用バルーンカテーテル(RPC-9P)であり、水を充填することによって圧力を測定するものであるが、バルーンが破損したときに水が漏れ出すと誤嚥する危険がある。そのため、バルーンには空気を充填することとし、JMS舌圧測定器と接続し、安定してバルーンが定常状態に空気が充填されるように改良した。その結果、精度の高い測定装置を開発することが可能となった。

バルーンの材質は柔らかなポリ塩化ビニールで、咽頭粘膜への損傷の危険は極めて少ない。しかし、空気を充填した時のバルーンの大きさは直径14mm、長さ45mmの円筒状となるため、口峽を超えて喉頭蓋谷に留置するときに嘔吐反射が誘発される場合が少なくない。本研究においても、バルーンを咽頭へ飲み込むことが困難で、測定を中止する例が多かった。今回試作したバルーン型嚥下圧測定装置の限界と考えられる。

今後の展望としては、バルーンの形状を小さくすることによって容易に喉頭蓋谷や梨状窩へバルーンを留置できるようにし、簡便に嚥下圧を測定できるようにすることであ

る。また、形状も今回の円筒状のバルーンではなく、喉頭蓋谷や梨状窩の形状に合わせたものを作成することで、安定して嚥下時の咽頭圧変化を鋭敏に捉えることができるようになると思われる。

今回のバルーン型嚥下圧測定装置を利用することによって、嚥下障害患者の喉頭蓋谷における嚥下時咽頭圧を評価することが可能となった。また、嚥下手技によって嚥下圧が異なることを定量的に測定することが可能となり、今回の研究によって、努力嚥下時でバルーン内圧が上昇すること、症例によってはこれまでの報告と同様に、頭頸部直立位よりも頭頸部屈曲位で喉頭蓋谷部の嚥下圧が上昇することが確認できた。以上より、バルーン型嚥下圧測定装置は、嚥下障害患者の咽頭圧評価に有用で重症度判定や嚥下訓練効果の検討に有用であると考えられた。

<引用文献>

①才藤栄一、向井美恵監修: 摂食・嚥下リハビリテーション第2版、医歯薬出版、東京、2007。

②日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会: 嚥下造影の検査法(詳細版) 2011版案、日摂食嚥下リハ会誌、15巻、2011、76-95。

③日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会: 訓練法のまとめ(改訂2010)、日摂食嚥下リハ会誌、14巻、2010、644-663。

④ Shanahan TK, Logemann JA, Rademaker AW, Pauloski BR, Kahrilas PJ, Chin-down posture effect on aspiration in dysphagic patients, Arch Phys Med Rehabil 1993, Vol. 74, 736-739.

⑤ McCulloch TM, Hoffman MR, Ciucci MR, High resolution manometry of pharyngeal swallow pressure events associated with head turn and chin tuck, Ann Otol Rhinol Laryngol, 2010, Vol. 119, 369-376.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

①青木佑介、太田喜久夫、嚥下障害患者における舌圧と摂食嚥下機能の関連、日摂食嚥下リハ会誌、査読有、Vol. 18、No. 3、2014、pp. 239-248

②稲本陽子、才藤栄一、柴田斉子、加賀谷 齊、中山淑利、太田喜久夫、小野木啓子、川村友香、嚥下時の姿勢調整における評価訓練用椅子の有用性、Jpn. J. Compr. Rehabil. Sci.、査読有、Vol. 5、No. 1、2014、pp. 33-39

③太田喜久夫、柴田斉子、誤嚥性肺炎の診断と治療、J Clinic Rehabil、査読無、Vol. 22、No. 3、2013、pp. 877-885

④太田喜久夫、柴田斉子、高齢者の嚥下障害の特徴とその対応法、THE BONE、査読無、Vol. 26、No. 1、2012、pp. 63-70

〔学会発表〕(計 6 件)

①太田喜久夫、小森規代、川田竜也、加藤健太郎、加賀谷 斉、柴田斉子、才藤栄一、改良型バルーン嚥下圧測定装置を用いた嚥下手技による咽頭圧変化の検討、第 20 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会、2014.9.6、京王プラザホテル (東京)

②青木祐介、加太俊太郎、尾関保則、田中貴志、太田喜久夫、摂食嚥下障害患者に対する舌圧強化訓練の効果、第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会、2014.9.6、京王プラザホテル (東京)

③太田喜久夫、加賀谷 斉、柴田斉子、伊藤友倫子、青柳陽一郎、小野木啓子、近藤和泉、才藤栄一、バルーン型嚥下圧測定装置の開発(第2報：嚥下時咽頭内駆出力の測定)、第19回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会、2013.9.22、川崎医療福祉大学 (倉敷市)

④Ota K, Inamoto Y, Shibata S, Kagaya H, Aoyagi Y, Saitoh E, Biofeedback maximum tongue pressure exercise improve swallowing Function, The Dysphagia Research Society 21th Annual Meeting 2013. 3. 9, Seattle(USA)

⑤太田喜久夫、青木佑介、尾関保則、山森裕之、稲本陽子、伊藤友倫子、岡田猛司、加賀谷 斉、柴田斉子、才藤栄一、最大舌圧と嚥下造影検査 (VF) 画像についての検討、第3回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会、2012. 2. 15、パシフィコ横浜 (横浜市)

⑥太田喜久夫、加賀谷 斉、柴田斉子、伊藤友倫子、青柳陽一郎、小野木啓子、近藤和泉、才藤栄一、バルーン型嚥下圧測定装置の開発(第1報：安全性と精度の検討)、第 17-18 回共催日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会、2011.9.1、札幌市教育文化会館 (札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

太田 喜久夫 (OTA Kikuo)

国際医療福祉大学病院・リハビリテーション科・教授

研究者番号：00246034

(2) 研究分担者

田辺 茂雄 (TANABE Shigeo)

藤田保健衛生大学・医療科学部・准教授
研究者番号：50398632

加賀谷 斉 (KAGAYA Satoshi)

藤田保健衛生大学・医学部・准教授
研究者番号：40282181

才藤 栄一 (SAITOH Eiichi)

藤田保健衛生大学・医学部・教授
研究者番号：50162186