

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：22101

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20256

研究課題名（和文）定量的な嚥下・呼吸音のモニタリングによる嚥下機能の評価

研究課題名（英文）Assessment of Swallowing Activities based on the Qualitative Data of Swallow and Breathing Sounds

研究代表者

倉本 尚美（Kuramoto, Naomi）

茨城県立医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：20852479

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、客観的評価が主流である摂食嚥下障害者の嚥下評価について、ウェアラブルデバイスにより嚥下音と頸部角度を定量的に計測し、検者の技術に影響されない嚥下評価方法の確立に挑戦した。特に、単発実験ではなく数ヶ月に渡って蓄積されたデータに基づき経時変化を捉えている点に特徴がある。

結果より、嚥下音や頸部角度の変遷は個人差が大きく、嚥下機能が比較的安定している場合、嚥下音関連の数値は変化が少なく、また初回嚥下が発生するまでの時間が嚥下機能評価に関連する可能性がみられた。結果より、既存検査に加え、嚥下音や頸部角度データを追加することで、嚥下障害者の個別性を考慮した嚥下評価が実現する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

既存の嚥下機能評価研究は、ある一時点における評価や、嚥下機能が健常な成人を対象としたものが多く、加えて時間経過を考慮した研究は数少ない。本研究は、医療の専門職者以外でも簡易に日常生活内で嚥下音計測が可能なウェアラブルデバイスを用い、定量的・経時的に嚥下機能の変化を捉えることで評価基準の確立に挑戦している。嚥下機能の変化を嚥下音により判別できれば、定量的評価が困難とされてきたリハビリ効果の検証などが可能となり、本領域における学術的発展への貢献が期待できるだけでなく、嚥下障害者のQOLや肺炎発症低減による医療費削減などの可能性を含む研究である。

研究成果の概要（英文）：With swallowing sound and neck angle data measured by the smartphone-based wearable device, this study aimed to establish a qualitative method for evaluating swallowing functions which is not dependent on the examiner's skills. We measured swallowing sounds and neck angles of dysphagia patients and captures the temporal changes over several months, rather than relying on single test data points. We found significant individual differences in the changes in swallowing sounds and neck angles. Moreover, among participants whose swallowing function remained relatively stable, temporal changes were less likely to occur over time. Also, we found that time span the first swallow occurs may be related to the swallowing functions. These results suggest we would be able to consider the detailed changes of dysphagia symptoms with these qualitative data.

研究分野：医工融合研究

キーワード：嚥下音 頸部角度 定量的評価

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

加齢や脳血管疾患または神経・疾患等により発症する嚥下障害は、食物や唾液が気管に流入して発症する誤嚥性肺炎の要因であり、日本では年間約3万5千人以上が当該疾患により死亡している。嚥下障害者の食事支援は、2000年代前半まで栄養改善や介護者の負担軽減などを優先し、経腸栄養法（胃ろう）を選択する場合が多かった¹。しかし現在は、生活の質(QOL)や食事による嚥下のリハビリ効果など、口から食べることの利点が尊重され、残存する嚥下機能に合わせた食事が推進されている。一方、実際は嚥下機能について検査を受ける機会は少なく、食形態変更の際に参考となるべき嚥下機能の評価が十分実施できていない。その要因として、嚥下機能の検査には医療専門職者や医療機器が必要であること、また定量的な評価が困難なことなどがあげられる。

現在の嚥下機能評価は、咽頭や喉頭部の嚥下動態を視覚的に確認できるX線による透視検査のvideofluoroscopic examination(VF)や、経鼻的に内視鏡を挿入する内視鏡検査 videoendoscopic evaluation(VE)が主流であるが、検査には医療機器や専門的な技術が必要となる。そのほか、簡易な検査手法では頸部聴診法が広く普及しているものの、診断に熟練した技術が必要であること、また統一された評価基準がなく、聴覚による評価（音が大きい、短いなど）によるため、検者間で評価にばらつきが生じやすい^{2,3}。加えて、音の長さや性状について数値的な記録ができないことから、時間にとまなう嚥下機能の変化が客観的に把握できず、そのため嚥下機能の評価基準の策定が難しく、加えて時間経過にとまなう嚥下機能の変化を検証できないといった課題が存在する。

2. 研究の目的

ウェアラブルデバイスにより計測した嚥下音をもとに、簡易でありながら検者の技術に左右されない嚥下評価の確立をめざす。特に本研究では、脳卒中発症後の回復過程にける患者に対して、長期的に嚥下機能の計測を実施し、時間経過にとまなう嚥下機能変化について定量的評価の可能性を検証する。

3. 研究の方法

実験開始直後に新型コロナウイルス感染症(Covid-19)の感染が拡大したため、実験先の病棟の感染予防を優先に考え、病院内協力者と共に実験プロトコルの変更を行った。そのため、当初の研究計画と相違が生じているが、できる限り長期的に同じ患者の計測を継続して実施できるよう尽力した。

本研究は、脳卒中発症後に回復期病棟に入院している高齢者を対象とし、同一患者に対して入院から退院までの期間に継続してデータを収集した。嚥下音は、デバイスを用いて臨床で嚥下機能のモニタリングに利用されているRSST(反復唾液嚥下テスト)を中心に計測した。RSSTは臨床で頻繁に活用される嚥下機能のスクリーニングテストであり、患者に対して30秒間にできるだけ多く空嚥下を行うことを指示し、その間に生じた嚥下の回数を数える。結果として、30秒間で3回以上嚥下が生じた場合に正常と判断するスクリーニング検査法である。この検査を言語聴覚士(ST)による嚥下リハビリ実施時に計測した。RSSTに加えて、STに嚥下機能の評価を記録してもらい嚥下機能の「主観評価」とし、測定した嚥下音と主観評価の関係性を検証し、脳卒中発症後の回復過程における嚥下機能変化を確認した。また、デバイスに追加搭載された頸部角度センサーを活用し、RSST検査時における頸部角度の変化を計測し、入退院時における時間経過で生じた差異を合わせて分析した。研究協力者に加えて、嚥下障害の既往がない4名の健康者から参考データを取得した。

4. 研究成果

2021年7月から2023年5月までの期間で、回復期病棟に入院した嚥下障害者12名より実験参加の了承を得た。そのうち、早期退院・転院および新型コロナウイルス感染症の予防優先などを理由に計測が中止となったケースがあるため、結果として1ヶ月以上の計測ができた実験協力者は4名であり、この4名に関するデータを分析した(表1)。入院期間におけるRSSTの実施回数は、研究協力者の体調等により異なる。

表1：実験協力者の概要

| ID | 年齢 | 疾患名 | 発症後から 実験開始まで(日) | 実験期間 (日) | RSST 回数 | 麻痺 | 食形態 |
|----|----|------------|--------------------|-------------|------------|-------|--------------|
| a | 56 | 脳幹部出血 | 40 | 97 | 11 | 重度(左) | トロミ(中間)→きざみ食 |
| b | 69 | 右視床出血 | 38 | 177 | 8 | 左上肢 | 経鼻栄養→胃瘻 |
| c | 75 | 脳梗塞 | 31 | 95 | 11 | 重度(左) | 薄いとろみ |
| d | 74 | 左被殻・くも膜下出血 | 24 | 105 | 10 | 重度(右) | 薄いとろみ |

全ての実験協力者は、脳血管疾患発症後に急性期病院に入院し、その後に実験を実施した病院の回復期病棟に転院となっている。4名の研究協力者のうち3名が男性であり、年齢は56歳から75歳であった。摂食嚥下障害の原因疾患は、3名が脳出血で1名は脳梗塞と診断されていた。研究協力者が急性期病院から回復期病棟に転院後の24日から40日以内に初回の計測を開始し、最短で95日、最長は177日間にわたり複数回嚥下音および頸部角度の計測を実施した。

4-1. 嚥下音

デバイスに搭載された咽頭マイクから聴取された音より、次の2変数を使用した。

1. 嚥下時間：研究協力者が1回の嚥下に要した時間。
2. Swallow Onset Time (SOT)：嚥下が発生するまでに要する時間。RSSTの検査開始直後から1回目の嚥下が発生するまでの時間をSOT1、1回目終了から2回目の嚥下が発生するまでに要する時間をSOT2等とした。

4名中1名(a)は嚥下機能に改善が認められており、そのほか2名は同等・やや改善で推移し(c)(d)、残り1名(b)は機能低下の傾向がみられていた。時間経過にともなった嚥下時間およびSOTの変化は、比較的改善が認められた研究協力者(a)で、嚥下時間の短縮とSOT延長があり、嚥下機能が同等・やや改善で推移した2名については嚥下時間・SOT共に時間経過に伴った変化が少ない傾向がみられた。一方、嚥下機能が低下した研究協力者は、SOTで時間経過における変化は少ないものの、嚥下時間の延長がみられていた。

研究協力者4名より測定された全ての嚥下データを対象とし、30秒間に嚥下が1回のみ生じた場合(n=21)のSOT1平均時間は 13.73 ± 8.07 秒(最短4.19秒、最長29.02秒)、嚥下回数が2回(n=11)の場合は平均で 3.89 ± 2.60 秒(最短0.024秒、最長7.21秒)、また嚥下回数が3回(n=2)では平均して 2.23 ± 1.92 秒(最短0.016秒、最長3.38秒)となった。これより、嚥下回数が少ない場合の方がSOT1の個人差が大きく、嚥下回数が増加するにつれて個人間の差や時間が短縮した。

健常者4名の嚥下時間では、全員がRSST検査時に複数回の嚥下が生じているが、嚥下時間はおおよそ0.5秒程度で大きな差異はなく、時間内に発生した嚥下で短縮や延長はほとんど見られない。さらに、初回嚥下の発生までに要した時間(OST1)を見ると、全員が6秒以内に初回嚥下が発生しており、また個人差は小さかった。

嚥下機能の改善や低下などの時間的変化が見られた研究協力者に比べ、嚥下機能が比較的安定していた研究協力者は、嚥下音およびSOTに大きな変化が見られなかった。RSSTで複数回嚥下があった実験協力者と健常者のSOTを比較すると、健常者に比べて実験協力者では嚥下時間と各SOT共ににばらつきや時間の延長がみられた。また、複数回嚥下が発生する場合は、嚥下回数が増えるごとにSOT1が短縮していた。このことから、嚥下時間やSOTなどで時間経過にともなった変化をみることにより、嚥下機能の改善や安定度合いを確認できる可能性が考えられる。

RSST検査では、検査結果が3回未満になると嚥下障害の兆候があると判断される。このような嚥下障害の有無に関する評価だけでなく、嚥下音データによる定量評価を用いることにより、より詳細に個人の嚥下機能変化を捉えることができる可能性が示唆された。

4-2. 頸部角度の変動

デバイスは3軸(ピッチ角、ロール角、ヨー角)の変動を計測するが、今回は特に嚥下に関わるピッチ角とロール角に着目して分析を行った。ピッチ角は水平面に対する上下運動を示し、上方に向かう伸展方向をプラス(+)、下方に動く屈曲方向をマイナス(-)で示す。ロール角は左右の斜め運動を表し、左斜め下方向に向かう(-)値が大きくなり、右斜め下方で(+)値が増大する。ここでは、研究協力者のRSST検査時に生じた頸部角度変動を評価した。

RSST検査初回と最終回のRSST検査時の頸部角度変動を確認すると、時折傾眠傾向が見られた(c)は角度変動が実験開始時より極端に少ない傾向がみられ、後半ではやや右下方に傾斜していた。比較的状态が安定していた研究協力者(c)(d)は、退院間際になると入院時に比べて頸部角度の変動が大きくなり、また初回時は横の動きが主体であったが、終盤では上下運動が増加していた。健常者は、30秒間の検査終盤に近づくにつれて頸部が下方に向く傾向がみられたが、上下運動に比べて左右への傾斜はあまりみられなかった。これより、安定した姿勢での正常嚥下時には、頸部角度は左右に比べて上下運動が大きい傾向があることが示唆される。

4-3. まとめ

本研究では、嚥下音および頸部角度を定量的に計測することにより、時間経過にともなう嚥下機能の変化について検証を行った。結果より、既存の検査結果に加えて、嚥下音および頸部角度データを追加することによって、嚥下障害者の個別性を考慮したアセスメントが実現する可能性が示唆された。今回の実験では、結果的に研究協力者の数が少なくなったが、さらに研究を継続しデータを蓄積することによって、個人の嚥下機能を簡易に確認できる方法の確立を目指す。

なお、今回の研究では新型コロナウイルス感染予防の観点から、呼吸の分析を省略している。

1. 中村享子.本邦の高齡患者に対する胃瘻造設研究の動向に関する考察. 国際医療福祉大学学会誌 20 (1): 62-68,2015.
2. Leslie,P et al.Reliability and Validity of Cervical Auscultation: A Controlled Comparison Using Videofluoroscopy. *Dysphagia* 19 (4): 231-40, 2004.
3. 平野薫ほか. 嚥下障害判定のための頸部聴診法の診断精度の検討. 日本口腔外科学会雑誌 47 (2): 93-100, 2001.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naomi Kuramoto, Kikue Hidaka, Kenji Suzuki |
| 2. 発表標題 Quantitative Analysis of Chronological Neck Movements with Smart-phone based Swallowscope |
| 3. 学会等名 1st International Conference of Asian Dysphagia Society (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|