

図C-5-4. 血管障害

また、摂食する患者本人へのフィードバックは系統的にはされておらず、対策についても個別の検討にとどまっており十分標準化されているとは言えない。おもな対策としては、摂食時の姿勢、頸部の角度、誤嚥予防のための食形態変更、代替栄養の利用、直接および間接訓練である。

主観的であるが、嚥下造影の結果を、正常、低リスク、中リスク、高リスクと分けると、それぞれ、図C-5-2のような数であった。それぞれの群に年齢差はなく（図C-5-3）、軽症ほど、脳血管障害の割合が高い傾向にあった（図C-5-4）。患者の母集団が、急性期、神経内科的疾患が多いという特徴によるものと思われる。

これらのことから当院における院内での嚥下障害患者は比較的特殊な急性期、重症例が多いと考えられた。一般的な疾患として、療養患者、脳卒中後遺症や、サルコペニアなどを含んだ嚥下障害に関する検査データを収集するためには、いわゆる中間施設や療養型病床、場合によっては回復期病棟などを対象に含める必要があると示唆される。したがって、嚥下造影のようなX線透視をもちいる検査以外に、病院以外でも検査が施行可能であり、簡便な本研究で開発した嚥下音による嚥下機能検査手法はデータの信頼性が向上し、誤嚥予防や、食事介助に有用であることが判明すれば、対象の広い検査手技手法として有用であると考えられる。

#### D. 考察

本研究では、実生活下での計測を可能にする嚥下計測のための頸部装着型インタフェースの開発を行い、嚥下音による口腔内での動態解析の商法の確立、および実時間で嚥下音を推定するための特徴量の決定を行うための研究を実施している。特に、嚥下造影検査および、マノメータとの嚥下運動同時データ取得実験より、嚥下音解析による口腔内の動態解析を行った。これにより、健康者及び神経筋疾患患者、脳卒中患者など様々な疾患の患者における嚥下音と口腔内の動態の関係性について詳細な解析を行っている。

また、今回行ったVF、圧検査、音検査はそれぞれ特性が異なっており、本研究では口腔期・咽頭期・食道期などの障害の検知に利用可能かどうか検証していきたい。

特に、嚥下障害患者での嚥下音には、その障害部位および程度によって、複数のパターンがあることが観察により明らかにしてきている。具体的には、1) 上咽頭収縮圧低下型、2) 下咽頭収縮圧低下型、3) 咽頭収縮圧亢進型、4) 嚥下反射惹起遅延型、5) 食道入口部開大不全型、それぞれの障害パターンに応じての検討が必要であり、提案する機器により上記5型への分類を目指し、自動化のための信号処理に関する研究を進めている。

一方、摂食嚥下に関する懸念事項として、肺炎発症者が増加しわが国の死亡原因の第三位になった。肺炎による死亡者数の増加の背景には高齢化が挙げられるが、高齢社会において、高齢者が心身共に健康であるためには運動と栄養状態を良好に保つことが重要であると思われるが、咀嚼を含めた嚥下機能をいかに維持できるかが重要なポイントである。栄養状態の維持または改善を図りながら経口的に食事を摂取するという生活は高齢者のQOL向上に資するだけでなく、医療費抑制に繋がるものと考えられる。

本研究は、高齢者施設で日常的に食事介助をしている職員の観察しているポイントや困難に感じていることなどを明らかにすることも目的の一つである。摂食・嚥下障害者に関する調査は、医療機関に関する調査多く（川辺、2013）、介護老人保健施設や介護老人福祉施設に対して、職員

に実施した調査は少ない。また、一県内の保健医療圏内に存在する介護老人保健施設と介護老人福祉施設に対して実施した調査結果は今後の基礎資料となるのではないかと考える。回収率も70.9%と高いことから調査結果の偏りも少ないとともに、高齢者施設における食事介助、摂食嚥下障害に対する関心が高いことが推察された。

本調査対象者の基本属性は、女性が70.9%と多く、30歳代ならびに40歳代が57.5%を占めていた。就業形態は常勤が8割であり、介護福祉士の資格を有している人が52.5%、専門学校で介護福祉士資格を取得している人が多かった。食事介助の経験年数は平均8.1年（SD±6.2）であり、食事介助を10年以上実施している職員が34.1%を占めていた。

また、職員が一回の食事介助で対応する入居者の平均人数は従来型、ユニット型共に1~2人であった。しかし、入居者6人以上の食事介助に対応している職員も存在したことから、複数名への食事介助時の入居者の安全を守るとともに、介助者の負担についても考慮する必要がある。また、食事介助に要する時間は15分以上30分未満が最多であり、食事時間にさほど時間がかかっていないのではないかと思われた。その一方で、施設では食事時間が決まっているため、入居者が食事を摂取する時間が短縮されている可能性も否定できない。入居者の食欲を含め食事量を加味した上で、食事介助の時間が十分であるのかどうか、より詳細に確認する必要がある。

さらに、本調査から食事介助に携わっている職員の71.2%が食事介助時にひやりとした経験をもっていた。経験例として、入居者にむせこみが見られた場合が多く、日常的に職員はむせ込みや誤嚥という不安に向き合いながら食事介助を行っていることが推察された。また、実際に入居者が食事介助中にチアノーゼや窒息を起こした経験がある職員も存在し、このような状況を起こしやすい高齢者に対する食事介助は職員の精神的負担が大きいものと懸念される。職員が食事介助で不安を感じる点についても、窒息や誤嚥の危険性と回答するケースが多く、入居者の窒息や誤嚥を予防することに加え、職員への支援も必要である



図 D-1. スマートフォン(android携帯)による嚥下音実時間解析およびデータ収集システムの概要図

と考える。

食事介助時に確認している入居者の状態に関しては、誤嚥に直結する嚥下の状態や食物形態については「よくしている」と回答した職員が多かった。入居者の嚥下状況(飲み込み状態など)は、外見的に確認することは容易ではない。したがって、摂食や嚥下の状態を把握せずに食事介助を行うと、誤嚥性肺炎や窒息といった事故につながる可能性が高いが、全般的な嚥下の状態やそれに伴う食形態に関して職員は情報収集してから食事介助を実施していると考えられる。また、食事介助前・中では、共に入居者の覚醒度合に着目していることが示唆された(介助前 99.2%、介助中 97.3%)。食事介助前では覚醒状態に加えて体調(98.6%)など入居者の全身状態に注意し、食事介助中はむせ、姿勢、食べにくさ、といった誤嚥や窒息に直結しやすい点に注意が集中していた。

前述したように、外見的に嚥下機能を評価するのが困難であるが、現在職員がどのように入居者の嚥下状況を確認しているか質問した結果、目視による口腔や喉頭の動き、口腔内残渣量の確認を行っているという意見があるなかで、目視では確認が難しいという意見も多数挙げられた。そこで、嚥下機能を評価する頸部装着型機器の活用に関して質問したところ、職員の 44.0%が使用してみたいと回答していた。「使用したいと思わない」「どちらともいえない」の回答者からは、使用する入居者の精神的・身体的負担を懸念しており、食事介助支援や嚥下評価の機器の開発においてはそれらの点に対する注意や、使用する入居者本人の同意を得る必要性についての示唆を得た。

職員が感じている食事介助における困難な点は、対象者の状態に応じた食事介助の技術について困難に感じている職員が多かった。認知機能や摂食嚥下の状態から、食事介助が誤嚥性肺炎や窒息につながる危険性を伴っていても食事介助をしなければならないという精神的な苦痛があることも記載されていた。これらの意見を踏まえ、食事介助や摂食嚥下障害に関する教育の必要性が重要であると考えられるが、現職の就業前、就業後を含め、研修会等に参加している職員の割合は各 54.5%、38.6%であった。加えて、前回の研修等の参加から時間を経ているため、研修内容を覚えていないと答えていた職員もおり、食事介助や摂食嚥下障害に関する知識が十分でなく食事介助を実施している職員が多いのではないかと思われた。さらに、約 34%が 10 年以上食事介助経験を持っているにも関わらず、日々の食事介助に対して不安を抱えていることが明示された。高齢者施設の職員は交代制の勤務であり、職員が一律に休めるわけでない。しかし、このような勤務形態であっても、職員全員が定期的に研修等に参加できるよう、施設内・外における研修会の開催と研修への参加支援体制を構築する必要があることが示唆された。

食事は人と人とのコミュニケーションを図る場でもあり、本来は楽しい時間である。しかし、本調査の結果から、高齢者施設において食事摂取の時間は介助者にとっては常に窒息や誤嚥性肺炎の危険性と向き合う苦痛な時間にもなっていることが示された。食事介助者、そして食事を食べる入居者が、安全に食事摂取できるような環境

表D-1. VF, 圧検査, 音検査の特性比較

	VF	圧検査	音検査
口腔期障害の検知	◎	△	?
咽頭期障害の検知	◎	◎	?
食道期障害の検知	◎	○	?
誤嚥の検知	◎	×	?
データの数值化	△	◎	○
検査機器の価格	△	×	◎
取り扱い	×	×	◎
検査場所の自由度	×	△	◎
検査者の自由度	×	×	◎
被爆がない	×	◎	◎
患者の苦痛がない	△	×	◎

整備が望まれる。そのためには、施設職員に対する知識や技術等の教育が十分に実施されることに加え、高齢者が安全に食事摂取できるような機器などの開発が望まれる。高齢者の安全を支援するために、嚥下の状態が可視化できる機器の開発は高齢者の誤嚥性肺炎の予防と、施設職員が安全に食事介助を行うための問題の解決につながる一助になるのではないかと考える。

また、今回行ったVF, 圧検査, 音検査はそれぞれ特性が異なる。嚥下機能検査において、複数の観点から比較したものを表D-1に示す。この表からわかる通り、本研究では口腔期・咽頭期・食道期などの障害の検知に利用可能かどうか検証していきたい。

特に、嚥下障害患者での嚥下音には、その障害部位および程度によって、複数のパターンがあることが観察により明らかにされた。具体的には、1) 上咽頭収縮圧低下型、2) 下咽頭収縮圧低下型、3) 咽頭収縮圧亢進型、4) 嚥下反射惹起遅延型、5) 食道入口部開大不全型、それぞれの障害パターンに応じた検討が必要であり、提案する機器により上記5型への分類を目指す。

また、高度医療の進展や高齢者数の増加に伴い、脳損傷以外にも呼吸・循環器系の疾患による心肺停止後の意識障害など、生活習慣病に起因する意識障害患者も増加している。なかでも意識障害が長期化している遷延性意識障害（以後、意識障害

患者とする）は推定55,000人以上（藤原, 2010）といわれている。意識障害の治療および看護の方法は国際的にいまだ確立していないが、看護においては廃用症候群等の合併症予防に留まらず、身体機能の回復を促進し生活機能を高めることが急務の課題である。

意識障害の生活機能のなかでも、食べる機能の回復、すなわち経口摂取を確立することは患者のみならず家族のQOLの向上を図るためにも重要な意味を成している。また、経口摂取は視覚、聴覚、嗅覚、触覚そして温冷覚などあらゆる感覚を使用することからも、脳への有効な刺激となる。これまで、意識レベルがJCS (Japan coma scale) でII桁以上になると摂食嚥下訓練の対象外とされてきた経緯がある。しかしながら、在宅で家族が経口摂取を可能にした事例もあり、それらの事例を分析した結果意識障害患者の経口摂取を可能にするための介入方法についていくつかの示唆を得ている。

## E. 結論

本研究では、嚥下計測デバイスの改善とともに、スマートフォンを利用した計測システムの構築を行った。これより、在宅状況から情報収集を行う通信ネットワーク網を用いたデータ収集システムが実現したとともに、小型スマートフォンでの計測、及び計算機上での計測システムを実現し、実証実験用に高機能携帯端末による記録システムが実現した。

さらに、研究倫理審査の承認を受け、嚥下音の解析の基礎となるデータ取得のための臨床研究を行った。ここでは、嚥下造影検査時に同時に嚥下音の取得実験を実施し、すでに入院患者200名以上に対して観察実験を実施しており、マノメータ（圧力計測）を導入し、提案手法との比較実験を継続して行っている。

本年度得られた基礎的な成果に基づき、来年度も引き続き、在宅高齢者を対象としたフィールド研究や、リハビリ病院（会田記念リハビリテーション病院）と協力しながら、誤嚥との関連を明らかにするため、誤嚥を繰り返している患者の嚥下音パターンの取得も行っていきたい。さらに、計測システム及びデータ収集のための基盤システムを利用し、本装置を用いた嚥下音取得実験を通じて、嚥下直後の湿性音・泡立ち音、さらにむせに伴う喀出音と誤嚥の関係を明らかにするため嚥下音信号解析の高度化を進めていく。

なお現在では、正常嚥下音の解析についても、未だ確立した知見が得られていない。このため、客観的評価法として確立されている嚥下造影検査、および、音と相関が高く、かつ高解像度での解析が可能な嚥下圧測定検査をあわせて実施する。両者を比較検討し、嚥下音の正常パターン、ならびに、異常パターンの分類を行い、嚥下音を用いた嚥下機能評価方法を作成する。

また、これまでの成果より、3成分からなる嚥下音の要素抽出について一定の知見が得られた。ため、今後は時間的特性を考慮して嚥下音検出の精度を向上するための研究を行っていく。また、各成分の音圧比、潜時と嚥下動態について比較検討を行い、嚥下音検査による異常の診断方法を確立することを目指す。これらが数値として客観的

に評価できれば、ベッドサイドでのスクリーニング手段として、各評価者の技量によることなく、統一した基準で嚥下機能障害者を検出することができるとともに、嚥下機能の回復についての評価を可能とするものである。

なお、嚥下障害を有した患者が必ずしも、嚥下性肺炎を発症するとは限らない。要因としては、口腔内環境、気道内防御因子、咳嗽反射、さらには、嚥下直後呼吸再開時の呼吸相などが考えられる。嚥下性肺炎のリスクを検討するため、頸部装着型嚥下測定機器を使用して、夜間の嚥下状況のモニタリングを行っていく。

また、誤嚥性肺炎の早期発見・予防という観点からも、頸部装着型機器によるモニタリングが必要であり、とりわけ施設や在宅などにおいての有用性は高い。さらに、頸部装着型機器は嚥下時に発光することからも食事支援時の安全性の確保が可能である。また、これまでの研究において、意識障害者においても経口摂取が可能であったことから、高齢者のみならず障害者の嚥下状態のモニタリングならびに食支援としても有効性が高いと考える。

本研究により提案した、実生活下での計測を考慮した嚥下計測の手法は、嚥下障害治療の分野での利用や、嚥下情報の光フィードバックという新たな手法を食事介助の分野での確立を目指してこれらの分野に応用されることが期待される。今後は、長期的食事介助支援における本研究のインタフェースのさらなる有用性を検証していきたい。

## 参考文献

- [1] Robbins J, Coyle J, Rosenbek J, et al. Differentiation of normal and abnormal airway protection during swallowing using the penetration–aspiration scale, *Dysphagia*, 1999;**14**(4):228–32.
- [2] Eisenhuber E, Schima W, Schober E, et al. Videofluoroscopic assessment of patients with dysphagia: Pharyngeal retention is a predictive factor for aspiration, *AJR Am J Roentgenol*. 2002;**178**(2):393–8.
- [3] Dodds WJ, Stewart ET, Logemann JA. Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallowing, *AJR Am J Roentgenol*. 1990;**154**(5):953–63.
- [4] Morinier S, Beutter P, Boiron M. Sound component duration of healthy human pharyngoesophageal swallowing: a gender comparison study, *Dysphagia*, 2006;**21**(3):175–82.
- [5] Takahashi K, Groher ME, Michi K. Methodology for detecting swallowing sounds, *Dysphagia*, 1994;**9**(1):54–62.
- [6] 厚生労働省平成 23 年人口動態統計月報年計
- [7] 小口和代, 才藤栄一ら: 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」(the Repetitive Saliva Swallowing Test: RSST)の検討 (2)妥当性の検討. *リハビリテーション医学*, **37**(6):383-388, 2000.
- [8] Seki T, Kurusu M et al.: Acupuncture and swallowing reflex in poststroke patients, *J Am Geriatr Soc*, **51**:726-727, 2003
- [9] Seki T, Iwasaki K et al.: Acupuncture for dysphagia in poststroke patients: A videofluoroscopic study, *J Am Geriatr Soc*, **53**:1083-1084, 2005
- [10] Ebihara T, Ishizuka S et al.: Improvement of swallowing reflex after electrical stimulation to lower leg acupoints in patients after stroke, *J Am Geriatr Soc*, **57**:1959-1960, 2009.
- [11] Kikuchi A, Seki T et al.: Effect of press needles on swallowing reflex in older adults with cerebrovascular disease: A randomized double-blind controlled trial, *J Am Geriatr Soc*, **62**:2438-2440, 2014.
- [12] 池野雅裕, 熊倉勇美: RSST における舌骨上筋群触診の有用性–健常高齢者, 嚥下障害者の検討. *日摂食嚥下リハ会誌*, **16**(2):148-154, 2012.
- [13] Jayatilake D, Suzuki K et al.: Swallowscope: A smartphone based device for the assessment of swallowing ability, In: *Proc. of IEEE-EMBS International Conference on Biomedical Health Informatics*, pp. 697-700, 2014.
- [14] 佐藤敏夫, 駒居鑑ら: ウェーブレット変換を用いた嚥下音の時間–周波数解析による嚥下機能評価の試み. *医工学治療*, **17**(4)181-187, 2005.
- [15] 川辺千秋, 成瀬優知, 寺西敬子, 新鞍真理子, 下田裕子, 廣田和美, 東海奈津子, 道券夕紀子, 梅村俊彰, 吉井忍, 安田知美, (2013)摂食・嚥下障害が在宅療養に及ぼす影響, 厚生 の 指 標, 第 60 卷 第 8 号

## F. 健康危険情報

当該実施期間の本研究の遂行にあたり、健康危険情報は認められなかった。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- Jayatilake, D., Suzuki, K., Yohei, T., Ueno, T., Nakai, K., Hidaka, K., Eguchi, K., Ayuzawa, S., and Matsumura, A., "Swallowscope: A Smartphone based Device for the Assessment of Swallowing Ability," *Proc. of IEEE-EMBS International Conference on Biomedical Health Informatics*, pp. 697-700, 2014.

### 2. 学会発表

- 長柄 昌浩, 鈴木 健嗣, 松下 明, 松村 明: A Neck Mounted Interface for Monitoring and Displaying the Swallowing Activities, 生体医工学シンポジウム2012, 2012
- 中井 啓, 鈴木 健嗣, 日高 紀久江, 鮎澤 聡, 江口 清, 松村 明, 頸部装着型新規デバイスによる嚥下機能評価, 第71回日本脳神経外科学会学術総会, 2012
- 寺元 洋平, 上野 友之, 長柄 昌浩, 鈴木 健嗣, 中井 啓, 山本 詞子, 富所 康志, 玉岡 晃, 江口 清, 松村 明, 進行性球麻痺における嚥下圧および嚥下音の検討, 第36回日本嚥下医学会総会, 2012
- 鈴木 健嗣, 上野 友之, 寺元 洋平, 中井 啓, 江口 清, 鮎澤 聡, 日高 紀久江, 松村 明, 嚥下機能評価のための頸部装着型持続的嚥下モニターの開発, 第36回日本嚥下医学会総会, 2012
- 上野 友之, 寺元 洋平, 鈴木 健嗣, 江口 清, 正常嚥下における嚥下音記録の検討, 第50回日本リハビリテーション医学会学術集会 2013. 6. 13-15 東京
- Kei Nakai, Kenji Suzuki, Kiyoshi Eguchi, Satoshi Ayuzawa, Kikue Hidaka, Tomoyuki Ueno, Yohei Teramoto, Emiko Okamoto, Kaori Saito, Akira Matsumura: Novel Neck Mounting Device Which Sense and Indicate the Swallowing Activity for Dysphagia Patients.

XV WFNS World Congrress of Neurosurgery, Korea 2013. 9. 8-13.

- 鈴木 健嗣, 上野 友之, 寺元 洋平, Dushyanta Jayatilake, 中井 啓, 江口 清, 鮎澤 聡, 日高 紀久江, 松村 明: 頸部装着型嚥下モニターを用いた反復唾液嚥下テストRSSTへの応用, 第19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術集会 2013.9.22-23 倉敷.
- 寺元 洋平, 上野 友之, Dushyanta Jayatilake, 鈴木 健嗣, 中井 啓, 日高 紀久江, 江口 清, 松村 明: 重症筋無力症例におけるエンドロホニウム投与前後の嚥下音の変化, 第19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術集会, 2013.9.22-23 倉敷.
- 寺元 洋平, 上野 友之, Dushyanta Jayatilake, 鈴木 健嗣, 中井 啓, 日高 紀久江, 鮎澤 聡, 江口 清, 松村 明: 頸部装着型デバイスを用いた嚥下スクリーニング方法の開発, The 1st International Conference on Global Aging Tsukuba 2014.01.24, つくば
- Dushyanta Jayatilake, Kenji Suzuki, Yohei Teramoto, Tomoyuki Ueno, Kei Nakai, Kikue Hidaka, Satoshi Ayuzawa, Kiyoshi Eguchi, Akira Matsumura, Swallowscope: A Wearable Device for the Continuous Monitoring of Swallowing Activities, つくば医工連携フォーラム2014, 2014. 01. 28, つくば
- 寺元 洋平, 上野 友之, Dushyanta Jayatilake, 鈴木 健嗣, 中井 啓, 日高 紀久江, 鮎澤 聡, 江口 清, 松村 明: 嚥下造影検査と高解像度マノメトリーとの同時記録による嚥下音の検討, 第37回 嚥下医学会学術講演会, 2014.02.14-15, 東京
- Suzuki, K., Jayatilake, D., Teramoto, Y., Ueno, T., Nakai, K., Hidaka, K., Ayuzawa, S., Eguchi, K., and Matsumura, A., Comprehensive Analysis of Pharyngeal Pressure Trace from High-Resolution Manometry, *Dysphagia Research Society Annual Meeting*, 2014.
- Yohei Teramoto, Tomoyuki Ueno, Dushyanta

- Jayatilake, Kenji Suzuki, Kei Nakai, Kikue Hidaka, Satoshi Ayuzawa, Kiyoshi Eguchi, Akira Matsumura, "Examination of Swallowing Sound by the Simultaneous Recording of Videofluoroscopy and High-Resolution Manometry," *Dysphagia Research Society Annual Meeting*, 2014.03.06-08
- 寺元 洋平, 上野 友之, Dushyanta Jayatilake, 鈴木 健嗣, 中井 啓, 日高 紀久江, 鮎澤 聡, 江口 清, 松村 明: 右視床出血後に嚥下障害を発症し時間経過で機能改善をみとめた一症例からみた嚥下音の検討, 第39回日本脳卒中学会総会 2014.03.13-15 大阪
  - Yohei Teramoto, Tomoyuki Ueno, Dushyantha Jayatilake, Kenji Suzuki, Kei Nakai, Kikue Hidaka, Satoshi Ayuzawa, Kiyoshi Eguchi, Akira Matsumura, Estimation of presence of pharyngeal residue from the externally recorded swallowing sounds, *8th World Congress of the International Society of Physical & Rehabilitation Medicine*, 2014.06.01-05, Mexico, 2014.
  - 寺元 洋平, 上野 友之, Dushyantha Jayatilake, 鈴木 健嗣, 中井 啓, 日高 紀久江, 江口 清, 松村 明, 嚥下造影検査と高解像度マノメトリーとの同時記録による嚥下音の検討, 第38回 嚥下医学会学術講演会, 2014.02.06-07, 福島
  - Yohei Teramoto, Tomoyuki Ueno, Dushyantha Jayatilake, Kenji Suzuki, Kei Nakai, Kikue Hidaka, Satoshi Ayuzawa, Kiyoshi Eguchi, Akira Matsumura, Relationship between swallowing function and the sound of before and after the UES transition of the bolus, *Dysphagia Research Society Annual Meeting*, 2015.03.11-14, USA, 2015.
  - Dushyantha Jayatilake, Kenji Suzuki, Yohei Teramoto, Tomoyuki Ueno, Kei Nakai, Kikue Hidaka, Satoshi Ayuzawa, Kiyoshi Eguchi, Akira Matsumura, Automatic detection of swallowing events from the swallowing sound, *Dysphagia Research Society Annual Meeting*, 2015.03.11-14, USA, 2015.
  - 知久すみれ, 鮎澤聡, 櫻庭陽, 鈴木健嗣, 松村明: 高齢者の嚥下機能に対する鍼治療の効果 - 頸部装着型嚥下機能計測機器を用いた検討. 第64回全日本鍼灸学会学術大会 ふくしま大会, 2015.5.22-24, 福島 (accepted).
  - Chiku S, Ayuzawa S, Sakuraba H, Jayatilake D, Suzuki K, Nakai K, Matsumura A: Effect of acupuncture for swallowing function of the elderly person. *The World Federation of Acupuncture-Moxibustion Societies*, Toronto 2015 (submitted).
- H. 知的財産権の出願・登録状況
1. 特許取得
    - 装着型インタフェースによる嚥下機能計測に関する特許は出願済である。(嚥下機能データ測定装置及び嚥下機能データ測定システム及び嚥下機能データ測定方法, 特開2013-17694 (出願人: 筑波大学))
  2. 実用新案登録
    - 特になし
  3. その他
    - 特になし



調査票 1：施設の概要（2014年11月1日現在）

事業者・施設名称	
開設年月日	昭和・平成（ ）年（ ）月
関連サービス 及び関連施設	（例 短期入所療養介護，通所リハビリテーション，居宅介護支援事業所など）
職員配置状況	医師（ ）名 介護支援専門員（ ）名 生活・支援相談員、ケアワーカーなど（ ）名 看護師・准看護師（ ）名 介護職員：常勤（ ）名、非常勤・パート（ ）名 理学療法士（ ）名、作業療法士（ ）名 言語聴覚士（ ）名 管理栄養士（ ）名、栄養士（ ）名 事務員（ ）名 そのほか（ ）名
入居者定員	特別養護老人ホーム（ ）床
入居者の状況	① 平均年齢（ ）歳 ② 要介護度 要介護5（ ）名 要介護4（ ）名 要介護3（ ）名 要介護2（ ）名、要介護1（ ）名 そのほか（ ）名 ③ 経管栄養（経鼻・胃瘻）実施者（ ）名
協力医療機関	有 ・ 無

## 高齢者施設の食事介助に関する調査のお願い

わが国の死亡原因の第三位が肺炎になりましたが、肺炎の発症は高齢者に多く、その主な原因に誤嚥による肺炎（誤嚥性肺炎）が挙げられます。そこで、本調査では、高齢者施設で食事介助をされている皆さまが観察しているポイントや、食事介助時に困難に感じていることなどを明らかにすることを目的としました。調査結果に基づき、誤嚥性肺炎を予防し、高齢者が安全に食べられるようにするための方策について考えていきたいと思っています。

つきましては、食事介助をされている職員のみなさまに、調査のご協力をお願いする次第です。どうぞよろしくお願い申し上げます。

### ご記入上のご注意

- この調査票は、全部で6ページあります。
- 食事介助の経験のある職員の方にご回答をお願い致します。  
回答される方の職種、勤務形態は問いません（非常勤・パート勤務も可）。
- 回答は、質問に該当する番号に○をつける、または（ ）内にあてはまる語句や文章をご記入ください。そのほか、指示させていただいた回答方法に準じてお答えください。  
回答したくない場合には、ご記入しなくても結構です。

なお、本調査は、平成26年度 厚生労働科学研究費補助金 長寿科学総合研究事業「頸部装着型機器による嚥下機能評価と食事介助支援装置の実用化」の一部として実施します。

[回答締切] 調査票はご記入後に、2014年12月5日（金）までに、回収ボックス

クスにご提出下さい。

連絡先 研究代表者 筑波大学 医学医療系 教授 日高紀久江

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

問1 食事介助について、あてはまる番号に○を付け、該当する内容をご記載ください。

1. 入居者（利用者）の食事介助は、一回で同時に平均何人ぐらいに行いますか。

・従来型多床室の場合：

① 1人 ② 2人 ③ 3人 ④ 4人 ⑤ 5人 ⑥ 6人以上

・ユニット型の場合：

① 1人 ② 2人 ③ 3人 ④ 4人 ⑤ 5人 ⑥ 6人以上

2. 一人の入居者（利用者）に対する、平均的な食事介助時間はどのくらいですか。

① 15分以下 ② 15分以上 30分未満 ③ 30分以上 45分未満

④ 45分以上 60分未満 ⑤ 60分以上 ⑥ そのほか( )

3. 入居者（利用者）の家族から、食事介助の方法や嚥下に関する質問を受けたことがありますか。

① あり ② なし

→①「あり」の方は、その内容についてご記載ください。

4. 入居者（利用者）の食事介助中に、ひやりとした経験がありますか。

① あり ② なし

→①「あり」の方は、その状況についてご記載ください。

5. 食事介助を行うときに、心配に思うことや不安に感じることはありますか。

① あり ② なし

→①「あり」の方は、その内容についてご記載ください。

--

問2 入居者（利用者）への食事介助について、あてはまる番号に○をつけてください。

1. 食事介助を行う入居者（利用者）について確認していること

	よくしている	ときどきしている	あまりしていない	まったくしていない
1. 年齢	1	2	3	4
2. 疾患名（病名）	1	2	3	4
3. 飲み込みの状態	1	2	3	4
4. 食品、味付けなどの好み	1	2	3	4
5. 食事の形態	1	2	3	4
6. 過去に誤嚥性肺炎を起こしているか	1	2	3	4
7. 平均的な食事量	1	2	3	4
8. 体重の変化	1	2	3	4
9. 感染症があるか	1	2	3	4
10. 要介護度	1	2	3	4
11. 認知機能	1	2	3	4

1-1 そのほか、確認していることがありましたらご記載ください。

--

2. 食事介助の前に確認すること

	よくしている	ときどきしている	あまりしていない	まったくしていない
1. 口の中が汚れていないか	1	2	3	4
2. 義歯（入れ歯）を付けているか	1	2	3	4
3. 夜間に咳があるか	1	2	3	4
4. 排便の状態（下痢、便秘など）	1	2	3	4
5. リハビリ、レクリエーションなどの活動量	1	2	3	4
6. 夜間の睡眠状況	1	2	3	4
7. 体調（顔色など）	1	2	3	4
8. 目がさめているか（覚醒の状態）	1	2	3	4

2-1 そのほか、確認していることがありましたらご記載ください。

--

3. 食事介助中に確認すること

	よくしている	ときどきしている	あまりしていない	まったくしていない
1. 目がさめているか（覚醒の状態）	1	2	3	4
2. 意思の表出があるか	1	2	3	4
3. 指示に対する反応があるか	1	2	3	4
4. 食欲があるか	1	2	3	4
5. 流涎（よだれ）があるか	1	2	3	4
6. 姿勢が安定しているか	1	2	3	4
7. 食事の介助量（全介助・部分介助など）	1	2	3	4
8. 食物によるむせがあるか	1	2	3	4
9. 水分をのむときにむせがあるか	1	2	3	4
10. 口の中に食べ物が残っていないか	1	2	3	4
11. 硬いものが食べにくくなっていないか	1	2	3	4
12. 食べこぼしがあるか	1	2	3	4
13. 飲みこむときに首が前傾しているか	1	2	3	4
14. 食べるペースが変わっていないか	1	2	3	4

3-1 そのほか、確認していることがありましたらご記載ください。

--

4. 入居者（利用者）が飲み込んだかどうか、どのように確認していますか。

<p>例) 口のなかの食べ物がなくなったとき、のどが動いたとき、など</p>
--

--

5. 食事介助の後に確認すること

	よくして いる	ときどき している	あまりして いない	まったく していない
1. 呼吸の状態	1	2	3	4
2. 痰がからんでいないか	1	2	3	4
3. 食事時間がいつもより長くなっていないか	1	2	3	4
4. 胃から食物や胃液が逆流していないか	1	2	3	4
5. 食べ物がつかえる、詰まっている様子がないか	1	2	3	4
6. 口腔内に食物が残っていないか	1	2	3	4
7. 体調の変化や気分の不快感がないか	1	2	3	4

5-1 そのほか、確認していることがありましたらご記載ください。

--

問3 食事介助で困っていることや、改善した方がよいことなどがあれば自由に書いてください。

例) 口のなかに食べ物をためてしまう方の食事介助、むせ込みやすい場合にはどうすればよいかなど

--

問4 下記の質問に対し、該当する番号に○を付け、該当する内容についてご記載ください。

1. 現在の仕事に就く前に、学校（大学、短期大学、専門学校）や講習会などで、食事介助や嚥下障害などの講義や演習を受けたことがありますか。

① あり    ②なし
-------------



問5 あなたご自身のことについて、あてはまる番号に○印, または数字をご記入ください。

1. 性別

①男性          ②女性

2. 年齢

①10歳代    ②20歳代    ③30歳代    ④40歳代    ⑤50歳代    ⑥60歳代  
⑦70歳代以上

3. 職種（お持ちの資格すべてに○をつけてください。複数回答可）

①看護師          ②准看護師          ③介護福祉士          ④ヘルパー（          級）  
⑤介護職員初任者研修課程修了    ⑥資格なし    ⑦そのほか（          ）

4. 就業形態

①常勤          ②非常勤・パート          ③そのほか（          ）

5. 資格はどのように取得されましたか（複数回答可）。

①大学          ②短期大学          ③専門学校          ④通信教育  
⑤都道府県や市町村主催の講習    ⑥そのほか（          ）

6. 仕事として食事介助を行うようになってからの年月（休職期間などを除いたのべ年数）。

約（          ）年（          ）カ月（2014年11月1日現在）

問6 高齢者の食事介助や摂食・嚥下障害について疑問なことや、本調査への意見や感想などが  
ありましたら自由に書いてください。



お忙しいなか、調査にご協力いただきまして本当にありがとうございました。

## 研究成果の刊行に関する一覧表

## 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
------	---------	---------------	-------	------	-----	-----	-----

## 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Jayatilake, D. Suzuki, K. Yohei, T. Ueno, T. Nakai, K. Hidaka, K. Eguchi, K. Ayuzawa, S. Matsumura, A.	Swallowscope: A Smartphone based Device for the Assessment of Swallowing Ability	Proc. of IEEE-EMBS International Conference on Biomedical Health Informa tics	-	697-700	2014

## 6. 研究成果による特許権等の知的財産権の出願・登録状況

特になし

## 7. 健康危険情報

- ・本研究の遂行にあたり、健康危険情報は認められなかった。

# Swallowscope: A Smartphone based device for the Assessment of Swallowing Ability

Dushyantha Jayatilake<sup>1</sup>, Kenji Suzuki<sup>1</sup>, Yohei Teramoto<sup>2</sup>, Tomoyuki Ueno<sup>2</sup>, Kei Nakai<sup>2</sup>  
Kikue Hidaka<sup>2</sup>, Satoshi Ayuzawa<sup>3</sup>, Kiyoshi Eguchi<sup>2</sup> and Akira Matsumura<sup>2</sup>

**Abstract**—Dysphagia can cause serious challenges to both physical and mental health. Aspiration due to dysphagia is a major health risk that could cause pneumonia, and even death. As a result, monitoring and managing dysphagia is of utmost importance. This study investigates the development of a smartphone-based device and a feasible real-time swallowing sound processing algorithm for the automatic screening for swallowing ability.

The videofluoroscopic swallow study (VFSS), which is considered the gold standard for the diagnosis of dysphagia, is not widely available, expensive and causes exposure to radiation. The screening tests used for dysphagia need to be carried out by trained staff and the evaluations are often non-quantifiable. The Swallowscope we developed is a wearable device based on mobile health, and uses the swallowing sound to quantitatively evaluate swallowing ability. As swallowing sound can be captured continuously and during activities of daily life with minimal intervention, it is an ideal approach to monitor swallowing activities, and its continuous monitoring has a better probability of capturing aspirations and risky swallow patterns.

This paper describes the real-time smartphone based algorithm and the application we developed to monitor swallowing activities and evaluates the recognition accuracy by comparing them with VFSS evidence.

## I. INTRODUCTION

Deglutition, which is commonly known as swallowing, is a complex neuromuscular process that consists of both voluntary and reflexive actions of approximately 50 paired muscles [1]. The swallowing process can be divided into 3 phases: the oral phase, the pharyngeal phase and the esophageal phase, and dysphagia or difficulties in swallowing can result from a wide variety of functional or structural deficits in each of these phases. Most common of these causes are diseases and disorders such as strokes, neuromuscular diseases (e.g. Parkinson's disease and Amyotrophic lateral sclerosis or ALS), and cancer. Dysphagia could be both congenital and acquired and more common with the elderly. The medical, social, and psychological impacts of dysphagia could be serious. Aspiration, which is the misdirection of oropharyngeal or gastric contents into the larynx instead of the stomach, can cause pneumonia, in particular with the immunocompromised patients. In Japan, the upward trend of

\*This work is supported by the Ministry of Health, Labour and Welfare in Japan

<sup>1</sup>D. Jayatilake (dush at ieee.org) and K. Suzuki (kenji at ieee.org) are with Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, 305-8573, Japan

<sup>2</sup> Y. Teramoto, T. Ueno, K. Nakai, K. Hidaka, K. Eguchi and A. Matsumura are with the University of Tsukuba Hospital, 305-8576, Japan

<sup>3</sup> S. Ayuzawa is with the Tsukuba University of Technology, 305-8521, Japan

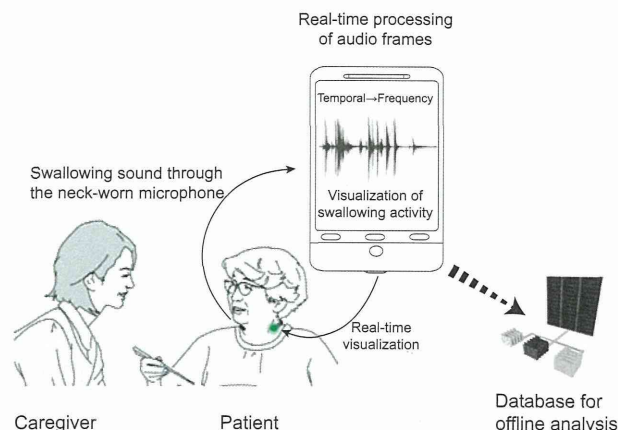


Fig. 1. The Swallowscope for the continuous monitoring of swallowing activities at the bedside and during activities of daily life

deaths due to pneumonia has risen to the 3rd place of leading causes of death by 2011 with 98.9 deaths/100000 people [2], and with the ageing population in Japan, this rate is expected to increase even further. Furthermore, inability to eat properly can adversely affect the health through dehydration and malnutrition, and it can also affect the quality of life [3], [4]. Dysphagia is also the most common symptom of esophageal cancer, and its early detection is crucial for the successful prognosis [5].

The videofluoroscopic swallow study (VFSS) is considered the gold standard for the diagnosis of dysphagia. VFSS, which is also known as the modified barium swallowing examination (MBS), captures sequential video-radiographic images of barium contrast-impregnated food and liquid as they are transported during the oral cavity, pharyngeal cavity, and esophagus in real-time. However, VFSS is needed to be performed by trained staff at designated facilities, and is subjected to exposure to radiation. Furthermore, the assessment is more qualitative and requires expert knowledge to interpret it. It is also imperative that clinicians observe patients during their usual eating and drinking environment to determine the external validity of the examination results and to assess the patient's ability to carry-over any learned swallowing strategies [6]. Considering those various complexities, some researchers such as Leder et.al [7] have suggested the use of screening techniques prior to the use of VFSS.

Screening tests for dysphagia are intended to find the individuals who are strongly suspected of having dysphagia. Dry swallowing, Repetitive saliva swallowing test (RSST), Water

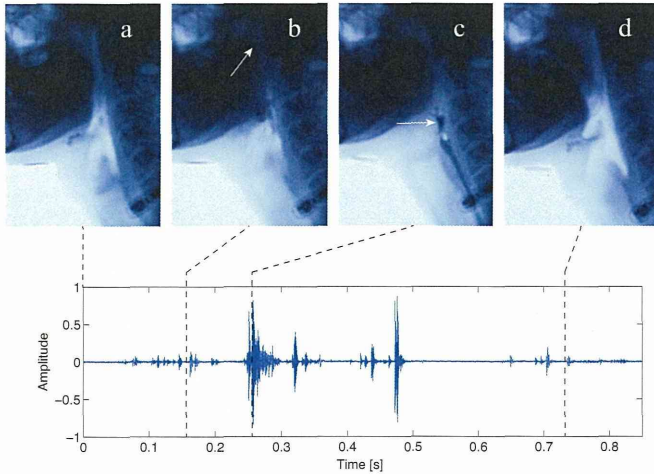


Fig. 2. Comparison of the swallowing sound with the corresponding videofluoroscopic images.

swallow test, Coloured water test, Cervical auscultation of swallowing and Swallowing provocation test (swallowing reflex test) are some of the screening test that can be performed without the need of any special tools [8]. However, these screening tests too need to be carried out by trained staff and the evaluations are often non-quantifiable. In order to address these limitations we developed the Swallowscope that can continuously monitor swallowing activities and provide quantitative statistics on swallowing ability for assisting dysphagia screening.

The Swallowscope is a wearable device, and uses the swallowing sound to evaluate swallowing ability (Fig. 1). Based on *mHealth*, it can be used conveniently during activities of daily life. Earlier we reported the specific features of sound produced during swallowing [9]. This paper describes the development of a feasible real-time algorithm and evaluates the Swallowscope by using in RSST-based screening.

## II. METHODOLOGY

Since aspiration is not likely to happen with every swallow, especially in patients with mild dysphagia, continuous monitoring has a better chance of capturing aspirations or risky swallow patterns. As swallowing sound can be captured continuously and during activities of daily life (ADL) with minimal intervention, it is an ideal approach to monitor swallowing activities. The Swallowscope we conceptualized in Fig. 1 is a portable wearable system that can be used easily during ADL for the real-time assessment of swallowing function. The examiner could use the screen of the smartphone for a detailed description of swallowing activities, and a caregiver could use the visualizations at the neck-wear for a simpler real-time assessment of each swallow such as whether the swallowing happened normally or whether there has been signs of aspiration. By using a smartphone for processing the data, we wanted to make the technology widely available and more affordable. Furthermore, by automatically uploading/backing-up the swallowing related raw-data to a remote server, it is possible to re-evaluate the whole

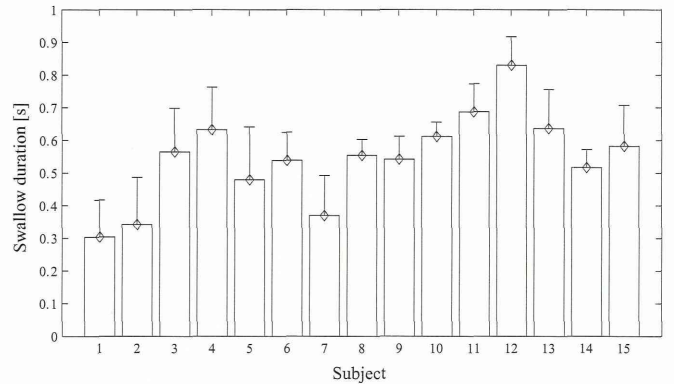


Fig. 3. Variation of average length of a swallow during RSST

swallowing process as well as perform more detailed analysis on a pc at a latter time by using more demanding algorithms.

By comparing the audio wave profile during swallowing with the corresponding VFSS images, Morinière et.al have reported on the origin of the sound components [10]. By carefully synchronizing videofluoroscopic (VF) images with the audio we analyzed the event based temporal and frequency characteristics of the audio waveform. In order to synchronize VF images with audio, we triggered an audio signal within the VF environment, and time-wise aligned the VF images with audio waveform, eliminating any delays associated with the VF and audio data capturing systems. Fig. 2 shows a comparison of audio waveform with VF images (the data, which corresponds to a dysphagia patient is fairly close to a healthy-swallow audio pattern). As it can be seen from Fig. 2, the sound components produced during swallowing are related to a chronological series of anatomical activities: (a) resting state, (b) movement of the soft palate and the larynx while bolus moving into the pharynx, (c) movement of the bolus into the esophagus, and (d) returning of the larynx back to the resting position. Acoustic event related to (c) was the most prominent and present in 100% of the healthy samples we examined (8 healthy and 62 dysphagic subjects), however, events (b) and/or (d) were not observed in some of the samples.

### A. Selection of parameters for the swallow activity recognition algorithm

In this study, we focused on the swallowing activities related to the RSST. The RSST is a simple test developed by Oguchi et.al for the screening for functional dysphagia and has a sensitivity of 98% for the aspiration [11]. RSST counts the number of repetitive dry swallows within a period of 30 s, and if the count is less than 3, then the subject is considered to have a stronger possibility of having dysphagia. In RSST, the number of swallows is counted by the movement of laryngeal elevation, either visually or by palpating, which is difficult to perform without proper training and experience. We also believe the variation of length of swallows and the duration between swallows could provide further insights into the swallowing ability, and the simple swallow count is not the only parameter that can evaluate swallowing ability.