

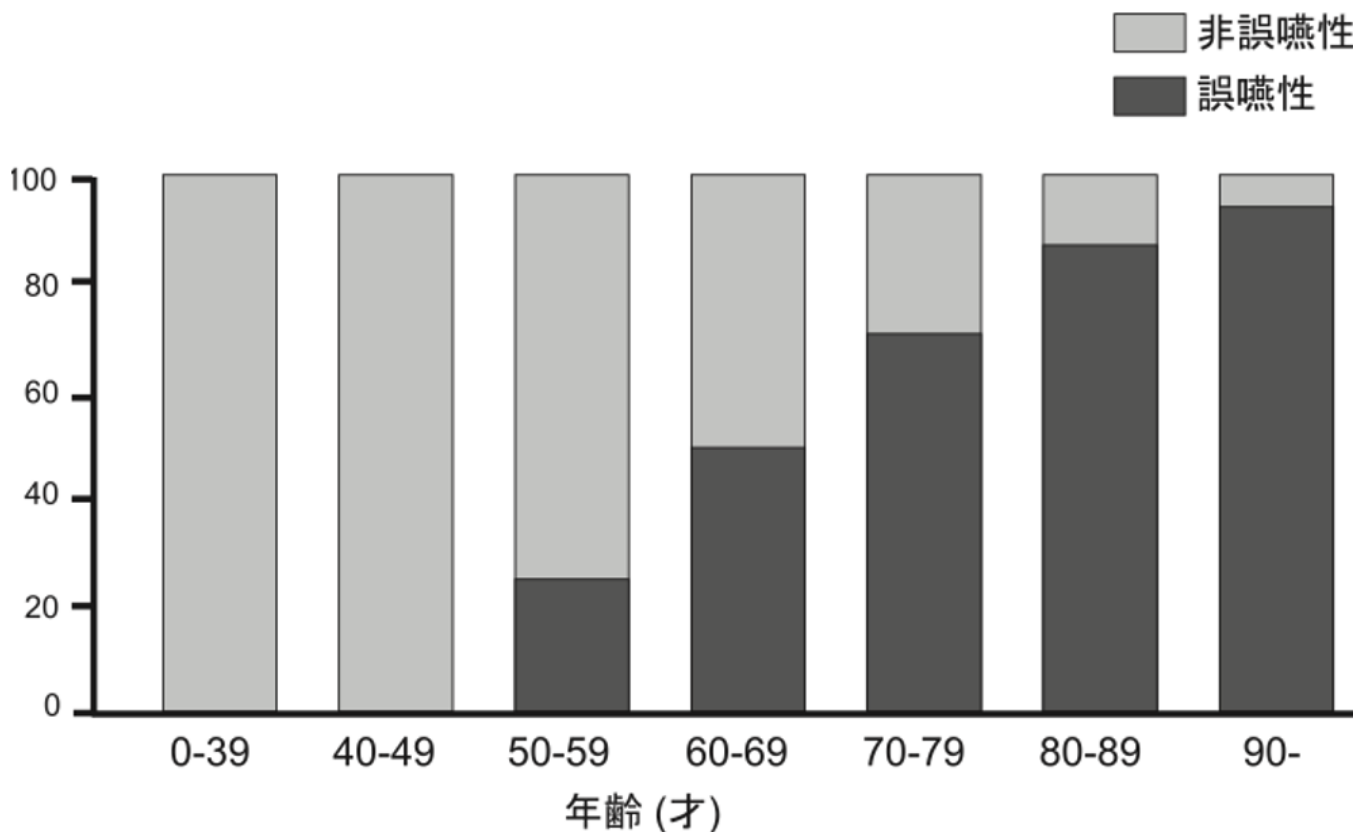
イアホン型センサを用いた非侵襲的な 嚥下機能定量評価機器の開発

関西医科大学 附属病院健康科学センター
理事長特命教授 木村 穰

2025年2月18日

嚥下機能評価の重要性 背景1

誤嚥性肺炎



① 疾患別死因 第3位 (2011年～)

② 肺炎で亡くなる方の約95%が65歳以上の高齢者

③ 高齢者の肺炎はほとんど誤嚥性肺炎

肺炎入院患者における誤飲性および非誤飲性肺炎の年齢別割合 Teramoto S, et al. JAGS 2008

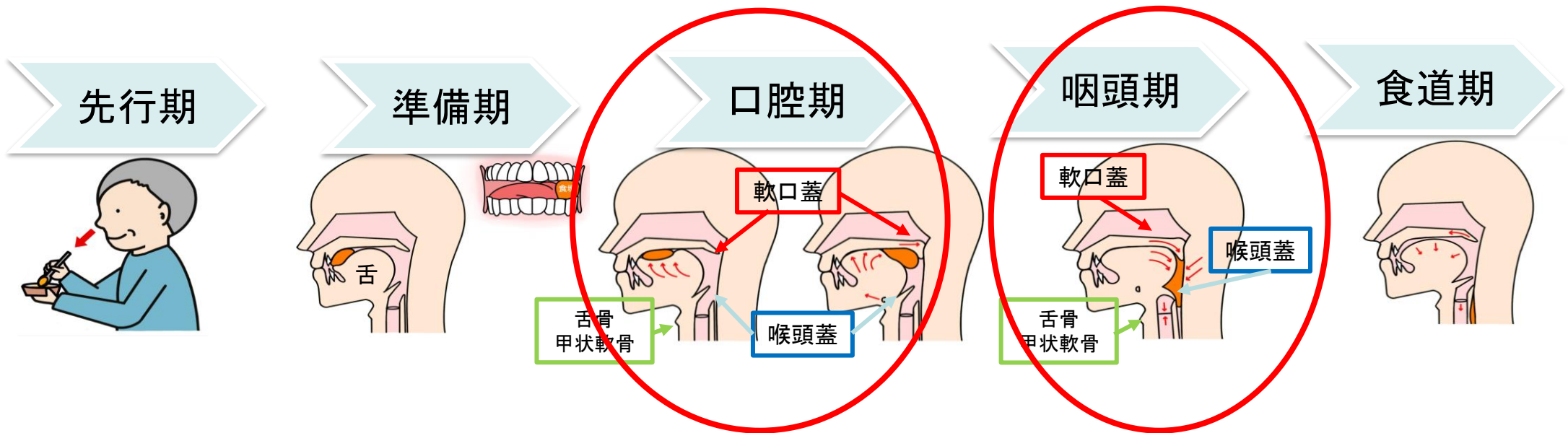
嚥下機能評価の重要性 背景2

誤嚥性肺炎の予防

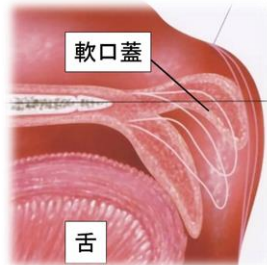
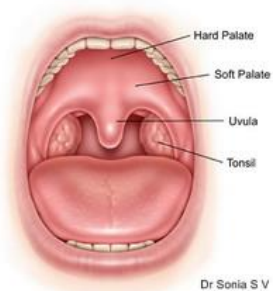
1. 誤嚥自体を減らすアプローチ(リハビリテーション等)
2. 嚥下性肺炎を発症する経路を予防するアプローチ(口腔ケア等)

→ **口腔機能の低下(嚥下機能)を早期に発見(評価)**し適切に対応することが 誤嚥性肺炎の予防、健康寿命の延長につながる

嚥下のプロセス



嚥下における軟口蓋の役割



- ✓ 準備期～口腔期：舌や下顎運動と連動し、咀嚼運動及び食塊移送に関わる
- ✓ 咽頭期：咽頭後壁に密着、挙上し、咽頭から鼻腔への食塊の逆流を防ぐ

従来技術の問題点 1

嚥下内視鏡検査(VE)

X線透視下で、造影剤入りの食塊を嚥下



高額な機器や設備が必要、
被爆、造影剤誤嚥

嚥下造影検査(VF)

ファイバースコープを用いて嚥下
諸器官や食塊の動態などを観察



内視鏡挿入時の疼痛や不快感、嘔吐
反射の誘発
嚥下の瞬間は観察できない

被曝と侵襲の問題がある

従来技術の問題点2

■ EAT-10 (Eating Assessment Tool-10) 摂食嚥下スクリーニング質問表

- 摂食嚥下障害患者において EAT-10 原版が VF で確認された誤嚥、喉頭侵入を検出する感度は 0.92、特異度は 0.68¹⁾

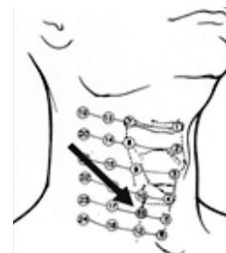
■ 反復唾液嚥下テスト (repetitive saliva swallowing test : RSST)

- 摂食嚥下障害患者において、VF で確認された誤嚥を RSST が同定する感度は 0.98、特異度は 0.66²⁾
- 口頭指示理解が不良な場合は判定不可



■ 頸部聴診

- 嚥下障害者において、頸部聴診法が VE または VF で確認された誤嚥あるいは嚥下障害を同定する感度は 0.23-0.94、特異度は 0.50-0.74 と大きなばらつきがあり、評価者間および評価者内信頼性も高くはない³⁾



EAT-10 (イート-テン)
嚥下スクリーニングツール

Nestlé
Nutrition Institute

氏名: _____ 性別: _____ 年齢: _____ 日付: _____ 年 _____ 月 _____ 日 _____

目的
EAT-10 は、嚥下の機能を測るためのものです。
気になる症状や治療についてはかかりつけ医にご相談ください。

A. 指示
各質問で、あてはまる点数を四角の中に記入してください。
問い以下の問題について、あなたはどの程度経験されていますか？

質問1: 飲み込みの問題が頻出で、体重が減少した 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題	質問6: 飲み込むことが苦痛だ 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題
質問2: 飲み込みの問題が外食に行くための障害になっている 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題	質問7: 食べる喜びが飲み込みによって影響を受けている 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題
質問3: 液体を飲み込む時に、余分な努力が必要だ 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題	質問8: 飲み込む時に食べ物がのどに引っかかる 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題
質問4: 固形物を飲み込む時に、余分な努力が必要だ 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題	質問9: 食べる時に喉が出る 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題
質問5: 酸っぱいものを飲み込む時に、余分な努力が必要だ 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題	質問10: 飲み込むことはストレスが多い 0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題

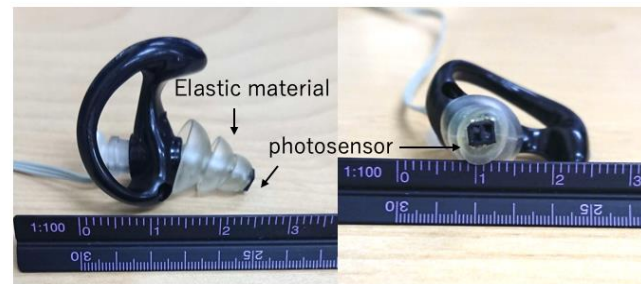
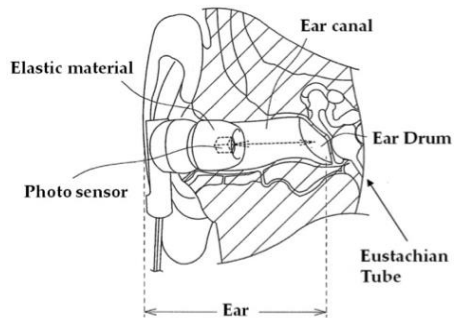
B. 採点
上記の点数を足して、合計点数を四角の中に記入してください。合計点数 (最大40点) _____

C. 次にすべきこと
EAT-10の合計点数が3点以上の場合、嚥下の効率や安全性について専門医に相談することをお勧めします。

非侵襲的で、より精度の高い嚥下評価が必要

イヤホン型センサの開発経緯と実績

我々は、外耳道の動きから嚥下や咀嚼運動を評価できる機器の開発に成功し、従来の侵襲的検査との整合性についてもエビデンスを発表した（特許申請中、論文掲載済み）



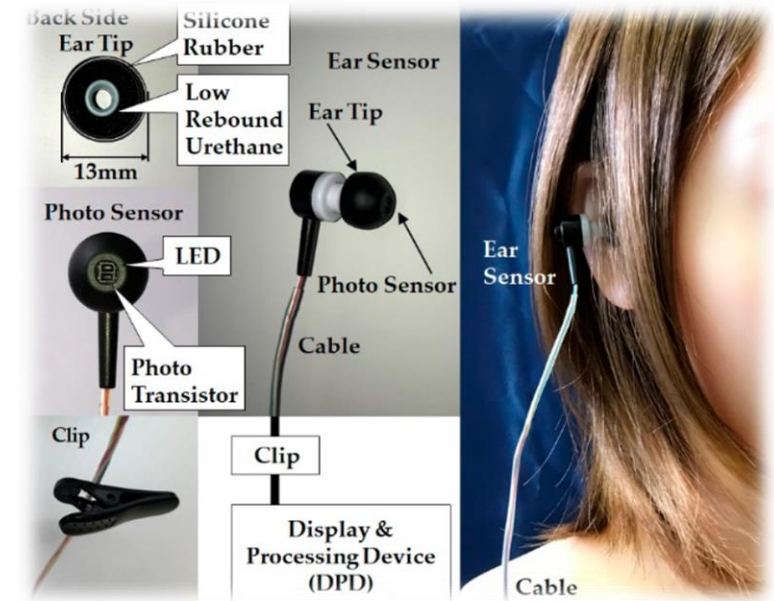
Sensors **2022**, *22*, 5176. <https://doi.org/10.3390/s22145176>



Article

Validation of Earphone-Type Sensors for Non-Invasive and Objective Swallowing Function Assessment

Takuto Yoshimoto ^{1,2,*}, Kazuhiro Taniguchi ³, Satoshi Kurose ¹ and Yutaka Kimura ¹



研究方法

対象者: 20-50歳代の健常ボランティア6名(男性3名、女性3名)

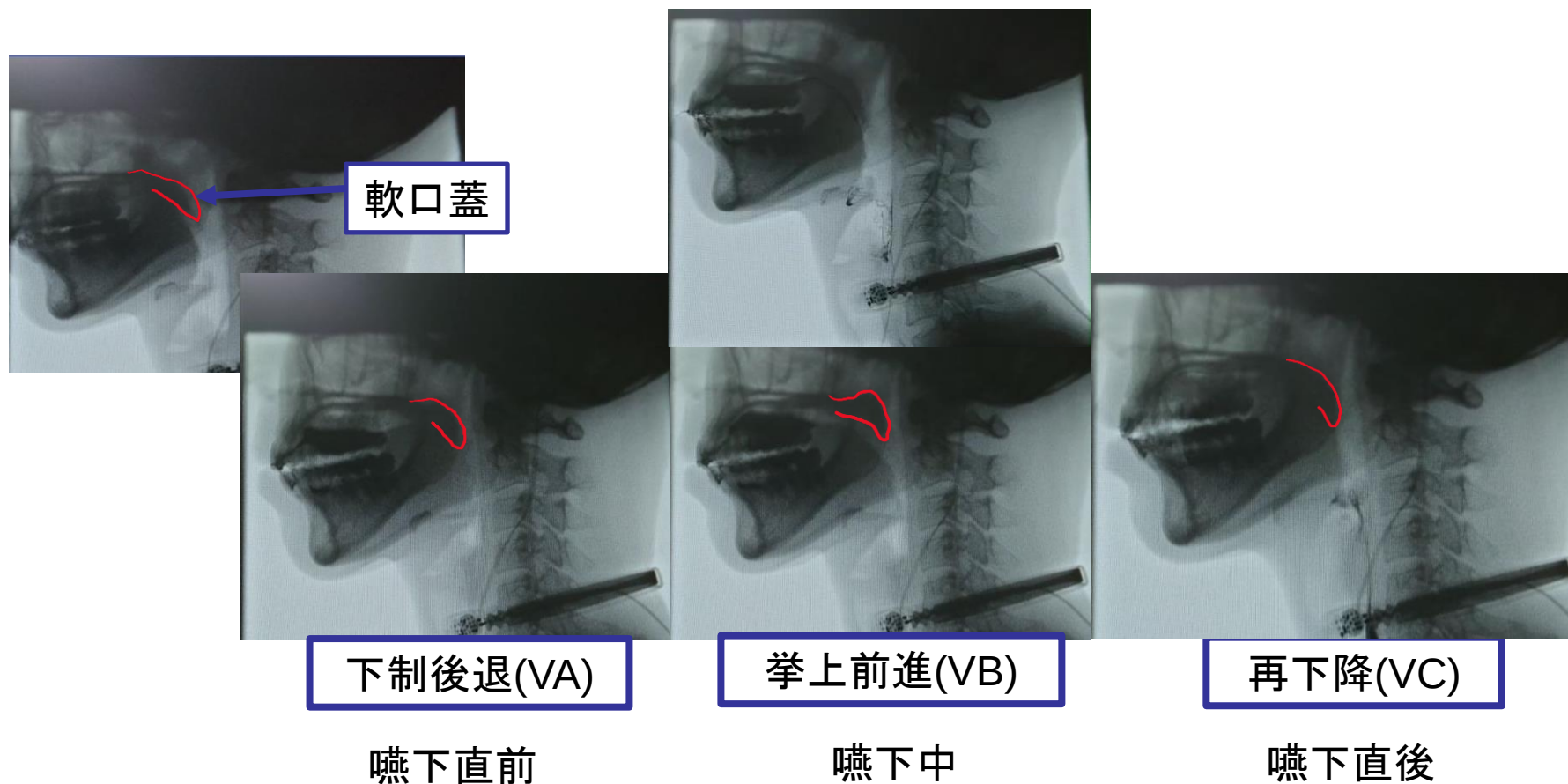
手順:

- イアホンを装着した状態でVFを実施
- 安静座位姿勢(足底接地、膝、股関節90°)
- 正面を向いて嚥下するよう被験者に指示
- プラスチックカップ内の
3mlバリウム水嚥下 × 5set
- 嚥下中は手元のスイッチを押下
- 検者Aが操作室でVFの外部モニター映像を
記録、検者Bが検査室で被験者へ試料の提供、センサ、ボ
イスレコーダーの記録を実施



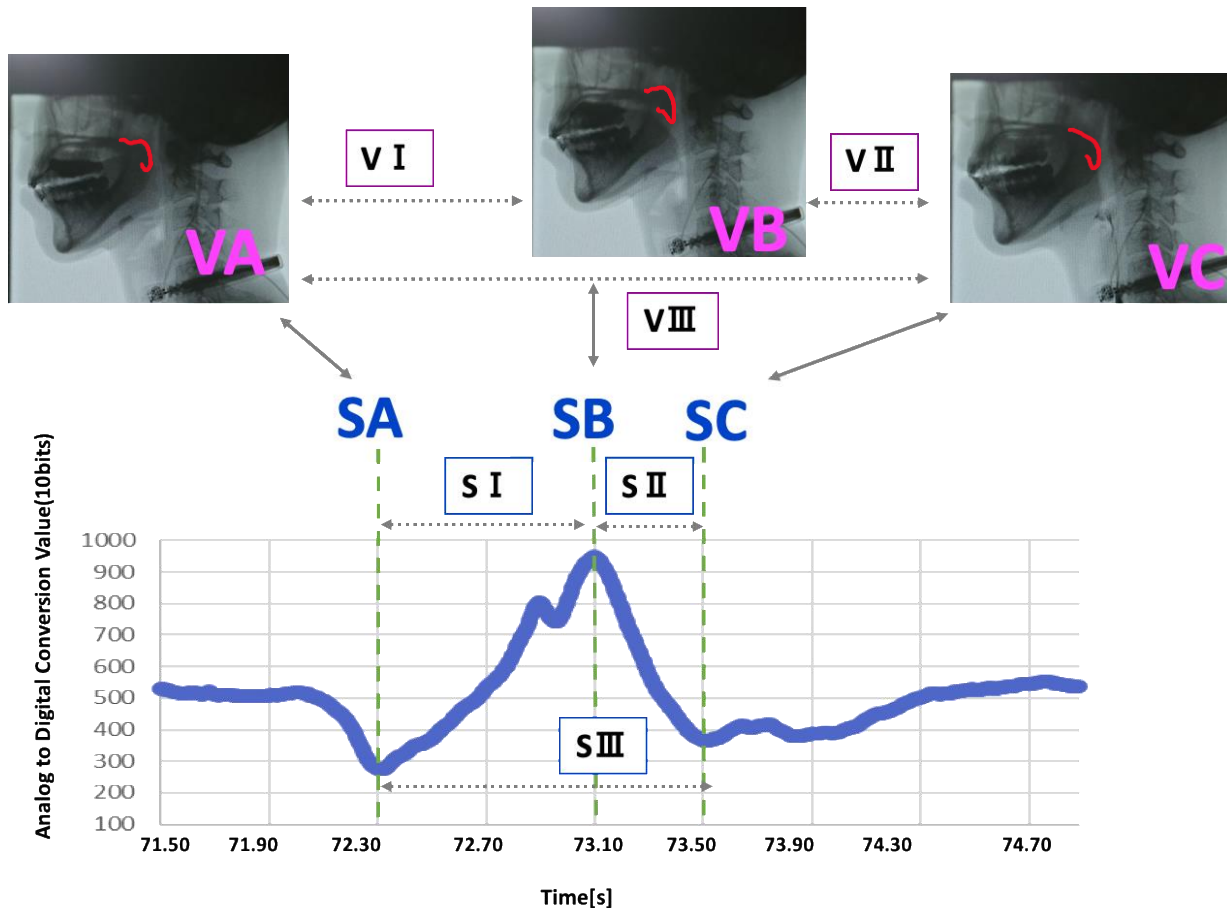
本研究は、関西医科大学倫理審査委員会の承認(承認番号2020303)を得、全ての対象者に事前に研究の目的と内容を十分に説明、同意を得て実施

研究結果



- 軟口蓋が最も下制後退した位置に達した時間(以下VA)、軟口蓋が最も挙上前進した位置に達した時間(以下VB)、軟口蓋が再下降した際の時間(以下VC)を検出し時間を記録

VF（嚥下造影検査）とエアホンセンサの比較検証結果



➤ VAとSA、VBとSA、VCとSC の
対応が確認された

- VA : 軟口蓋が最も下制後退した時間
- VB : 軟口蓋が最も挙上前進した時間
- VC : 軟口蓋が再下降した時間
- V I : VAからVBまでに要した時間
- V II : VBからVCまでに要した時間
- V III : VAからVCまでに要した時間

- SA : 波形が最下降した時間
- SB : 波形が最上昇した時間
- SC : 波形が再下降した時間
- S I : SAからSBまでに要した時間
- S II : SBからSCまでに要した時間
- S III : SAからSCまでに要した時間

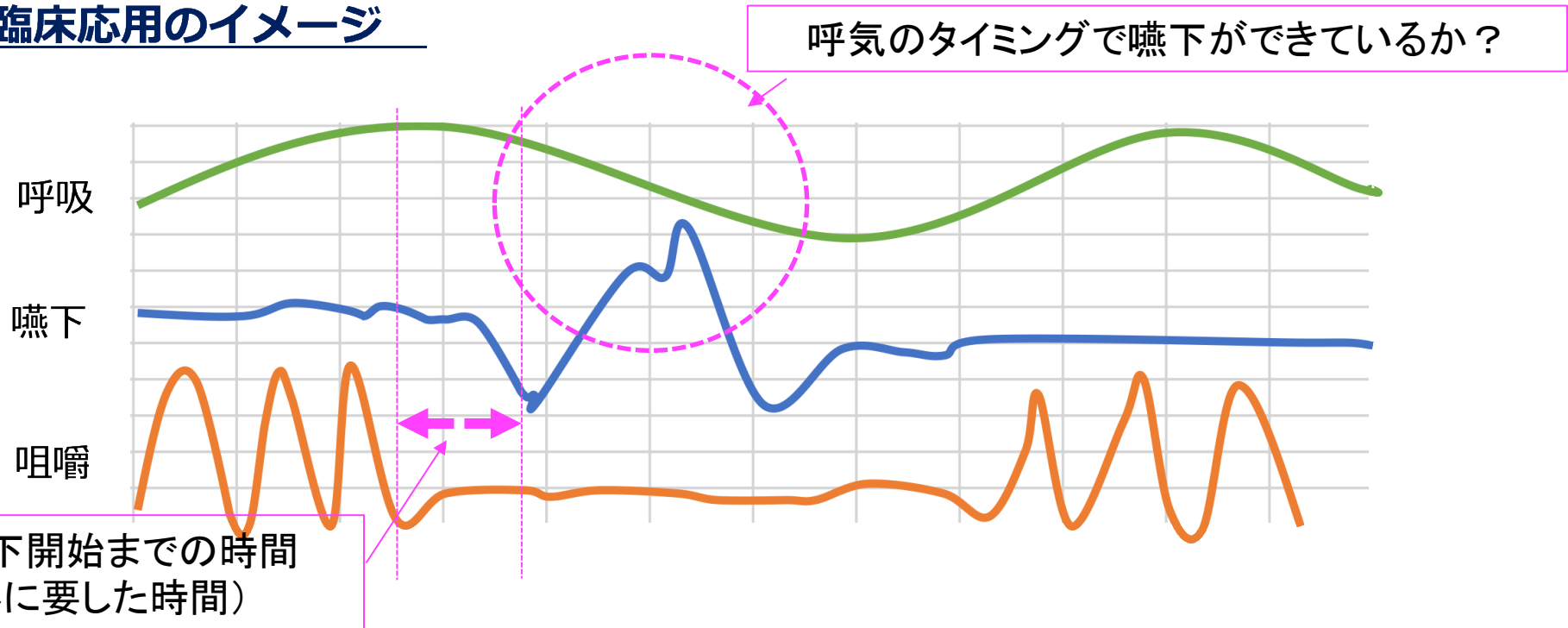
現在までの研究成果のまとめ

- 外耳道からの非侵襲的な嚥下機能評価は世界初の試みである
- イヤホン型センサの使用により、嚥下時の軟口蓋運動のうち、嚥下前の軟口蓋が最も下制後退した位置から嚥下中の最も挙上前進した位置に達するまでの時間を計測することができ、その妥当性が確認できた
- 今まで軟口蓋運動は非侵襲的に評価することが難しかったが、イヤホン型センサの使用により嚥下、特に口腔期から咽頭期にかけての軟口蓋に関する重要な情報が得られる
- 軟口蓋の動きの推定から、嚥下機能の一部が評価可能になると考えられた

今後の研究、開発方針

- 検者間および検者内で再現性を確認
- 高齢者や嚥下障害患者を対象とした検証
- 呼吸と嚥下の同調、咀嚼から嚥下までの時間の測定など連続した嚥下評価の実現

臨床応用のイメージ



本機器の特徴（従来機器との比較）

・質問紙票

認知症があると正確に実施できない
注意、意欲、理解などに左右される
検者の技術による誤差

検査の客観化、標準化

・反復唾液嚥下テスト(RSST)

甲状軟骨を触知した状態で30秒間に何回随
意的に空嚥下できるか
→3回未満を陽性

VF/VE実施の前段階
判断基準

高額な機器が必要、被曝や疼痛を伴う
普段とは異なる食事環境

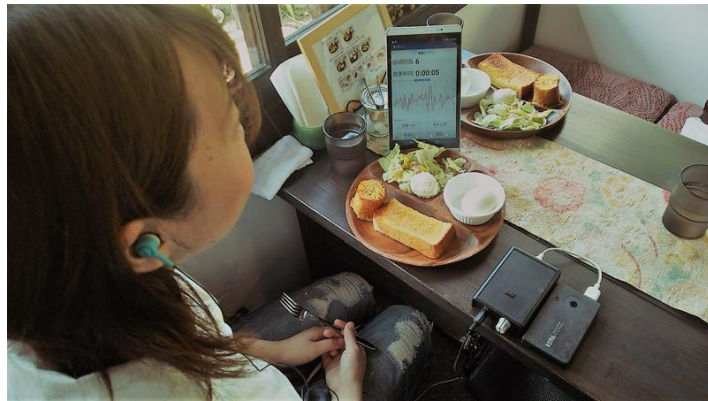
・嚥下内視鏡検査(VE)

ファイバースコープを用いて嚥下諸器官や食塊の
動態などを観察

・嚥下造影検査(VF)

X線透視下で、造影剤入りの食塊を嚥下

イアホンセンサによる咀嚼・嚥下評価 想定される用途



医療機関



精密医療機器

リハビリテーション領域
咀嚼回数、時間
嚥下機能評価
高齢者医学

介護施設・家庭



簡易評価機器

咀嚼回数、時間
嚥下機能評価
高齢者医学

食事習慣



ダイエット
生活習慣病
肥満症
糖尿病
脂肪肝

こども



食育
教育効果

実用化に向けた課題

- LED機器について専用メーカーとの協業で開発が可能。実用化に向けて、LED信号取得安定化技術を確立する必要がある
- イアホン本体、電源、通信装置の開発が未解決である

企業への貢献、PRポイント

- ・ 本機器は非侵襲的、簡便、自然な摂食状態での嚥下機能評価が可能になるため、嚥下障害の機能評価のみならず、嚥下障害予防・早期発見にも有用となるため、医療機関のみならず、介護施設、一般家庭においても利用可能となる
- ・ 嚥下障害の改善、早期発見が可能となり、嚥下性肺炎の予防、改善に貢献でき、健康長寿社会に貢献できる

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 嚥下を検知する装置および軟口蓋の挙動の測定方法
- 出願番号 : 特願2021-211294
- 出願人 : 学校法人関西医科大学
- 発明者 : 谷口和弘、木村 穰、吉本拓人

お問い合わせ先

関西医科大学 産学知財統括室

T E L 0 7 2 – 8 0 4 – 1 0 0 1

e-mail tanakash@hirakata.kmu.ac.jp