

嚥下運動モニタ

B4STM

ビーフォーエス

Bando **S**tretchable **S**train **S**ensor for **S**wallowing)



～ 製品概要と特長 ～

バンドー化学株式会社

佐藤敦司

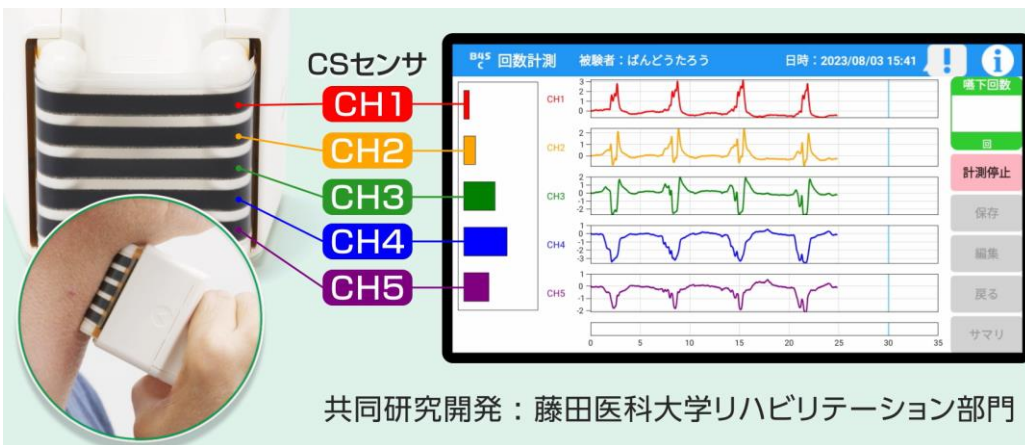
Email : atsushi.sato@bandogrp.com



製品特設ページ

嚥下運動モニタ B4Sとは？

B4S™



嚥下により**喉頭隆起**が上下に移動する運動を喉の表面形状のセンシングにより、**可視化**する機器です。

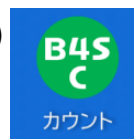
手に持って、**喉頭に押し当て**て使用します。

とても柔らかく**伸びる素材**のため、微小な動きを**高感度**に**可視化**します。

5本のCSセンサが嚥下中の喉頭の動きを捉えます



アプリ)



嚥下回数、嚥下タイミングの計測



視覚的バイオフィードバックトレーニング
メンデルソン手技などの練習

対象者) ・嚥下障害のある方
・指示を理解できる方
・重度の認知症ではない方

伸縮性ひずみセンサ

C-STRETCH®

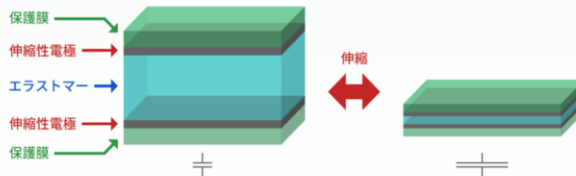
機敏に、軽快に、
速い動きもキャッチ！

特設サイトはこちら >

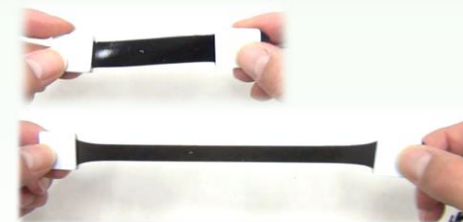


C-STRETCH®の特長

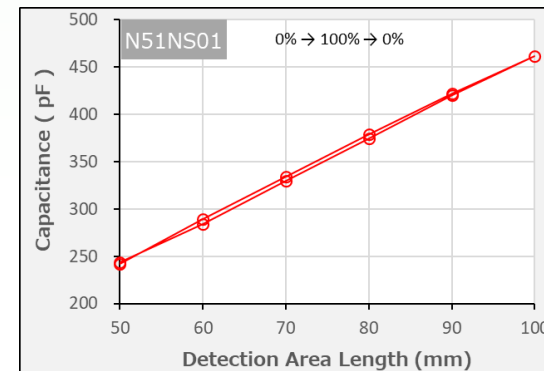
柔軟に伸縮できるストレッチセンサです。
静電容量式なので
精度・感度・応答性・再現性に優れます。



$$C = \frac{\epsilon \cdot (l \cdot w)}{d}$$



伸縮変形を検出するセンサ



使用シーン

B4S™

このようなお困り事はございませんか？

喉の動きを、口頭では
なかなか**伝えられない**



嚥下できたのか
分からない

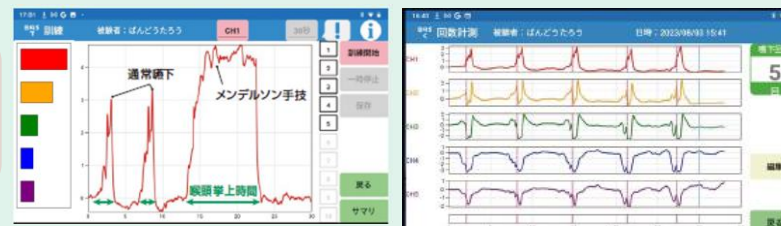
B4Sを使えば...

- 喉頭の動きを**リアルタイム波形**で**可視化**
- **嚥下回数**、**嚥下タイミング**を計測

今の良かつ
たですよ



今の波形に
なれば良いのか



嚥下リハの**モチベーション向上**が期待できます



リハに集中してくれるようになりました。
訓練してくれる回数も増えました。



やり方が分かってきた。
次も頑張ろう！

使用方法 1 B4Sトレーニング

B4S™

視覚的バイオフィードバックトレーニング



B4Sを喉に押し当て、
リアルタイムに波形を見ながら
嚥下トレーニング

できてますよ～
あと少し・・・
よかったですよ



慣れてきたら自分で持って行うこともできます。



何も無しに自分の喉頭を意識するのは難しいですが、
波形で見ることで意識しやすくなります。



同じ画面を見ながら嚥下指導をすることで、
上手くできた嚥下波形を共有したり、
難しかったメンデルソン手技も指導しやすくなります。

指導しやすい
分かりやすい
納得できる

モチベーション向上
手技の早期習得

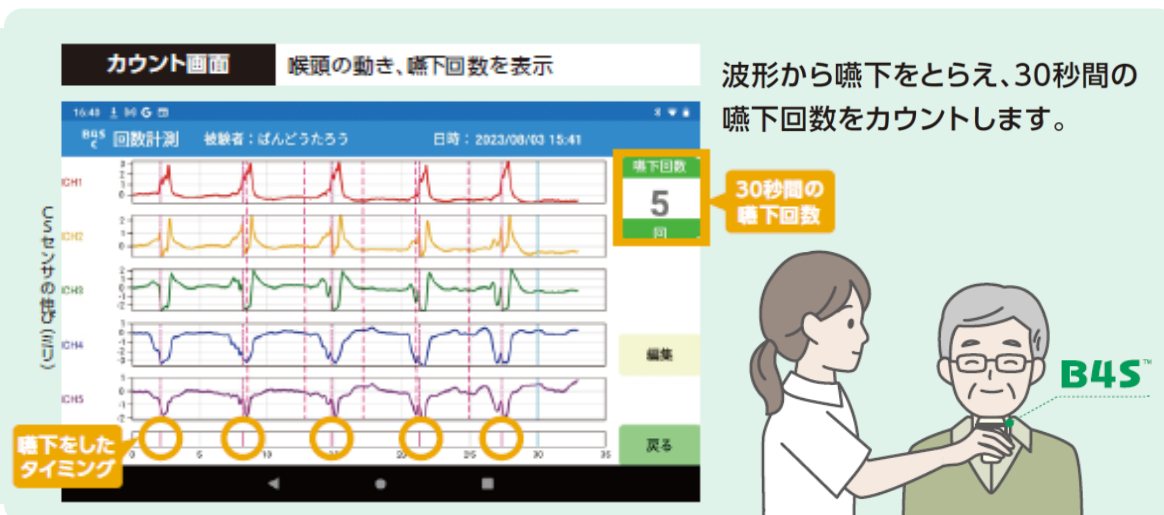


使用方法 2 B4Sカウント

B4S™

30秒間の空嚔下回数(RSST)と嚔下タイミングを計測します。

カウント画面 喉頭の動き、嚔下回数を表示



波形から嚔下をとらえ、30秒間の嚔下回数をカウントします。

嚔下回数 5回

30秒間の嚔下回数

嚔下をしたタイミング

B4S™

独自開発した判定アルゴリズムで嚔下の特徴を捉え、嚔下したポイントに判定マークが表示されます。



嚔下したタイミングを、波形グラフで視覚的に確認できます。

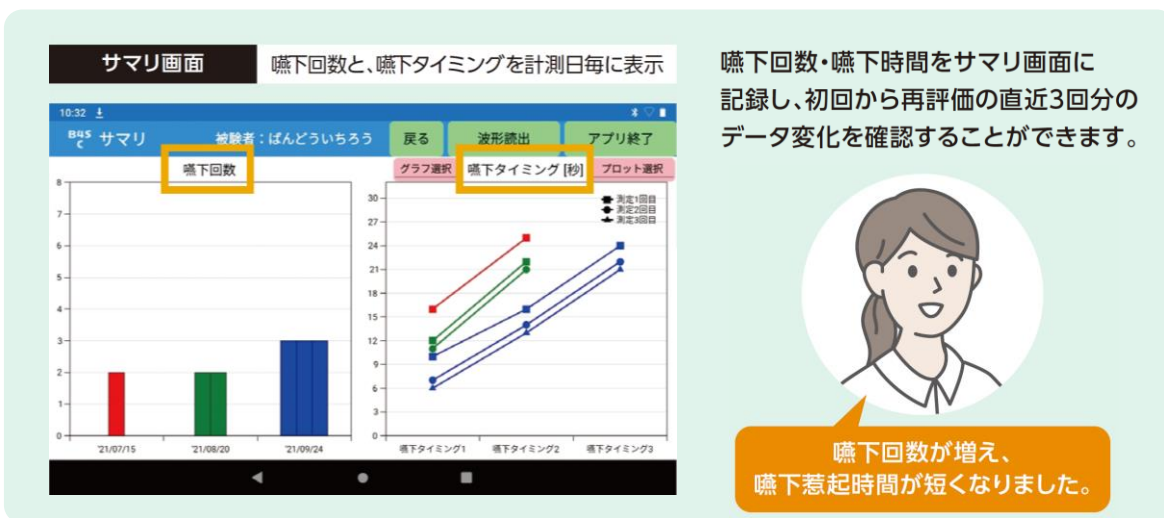


前回と嚔下回数が同じでも、嚔下タイミングを比較することで、改善の効果を確認できます。



嚔下間隔(嚔下と嚔下の間隔)の表示に切り替えることもできます。

サマリ画面 嚔下回数と、嚔下タイミングを計測日毎に表示



嚔下回数

嚔下タイミング [秒]

嚔下回数が増え、嚔下惹起時間が短くなりました。

計測方法

嚥下運動に伴い喉頭隆起部が上下に移動することに注目しています。



5本のCSセンサの伸びから、
挙上開始⇒挙上位⇒降下の一連の動きをセンシングしています。



センサは8mmピッチで並んでいます。喉頭がCH4の位置からCH1
まで挙上した場合、約24mmの挙上に相当します。

安静時の喉頭位置がCH3～CH4になるように、
喉に平行に押し当ててください。

喉頭移動距離は、平均 25.8 ± 5.7 mm。年齢との間に有意な相関を認めなかった。
出典) 兵頭政光ら、耳鼻52 (補4) S249～S245,2006

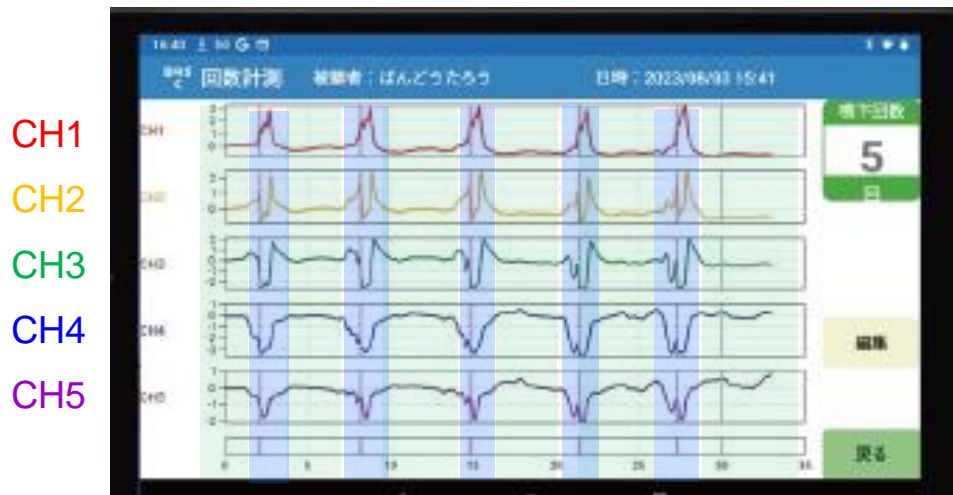


CSセンサの中央部にあたる
3ch又は4chを喉頭隆起の位置に当てるようにする

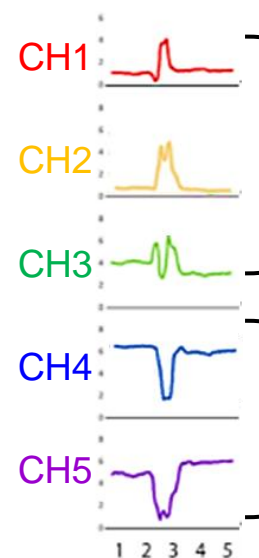
※波形の縦軸は、各センサの伸び波形です。
喉頭の挙上量ではありません。

喉頭位置とセンサ波形について

各CHの波形から喉頭の挙上～降下の動きを読み取ります。



CH1
CH2
CH3
CH4
CH5



喉頭隆起が挙上してくることで、
センサが伸長する

凸波形

喉頭隆起が挙上していないため、
センサが縮まる

凹波形

※説明のために背景色を変えております

挙上前(安静)

頸部



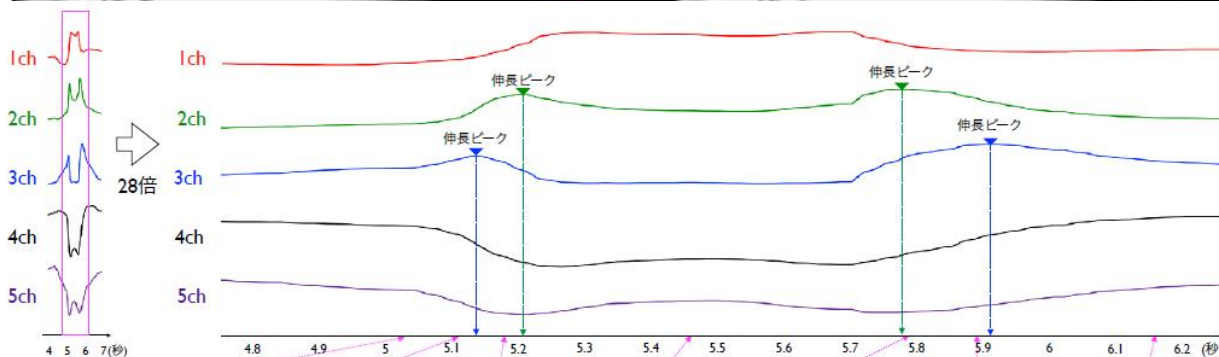
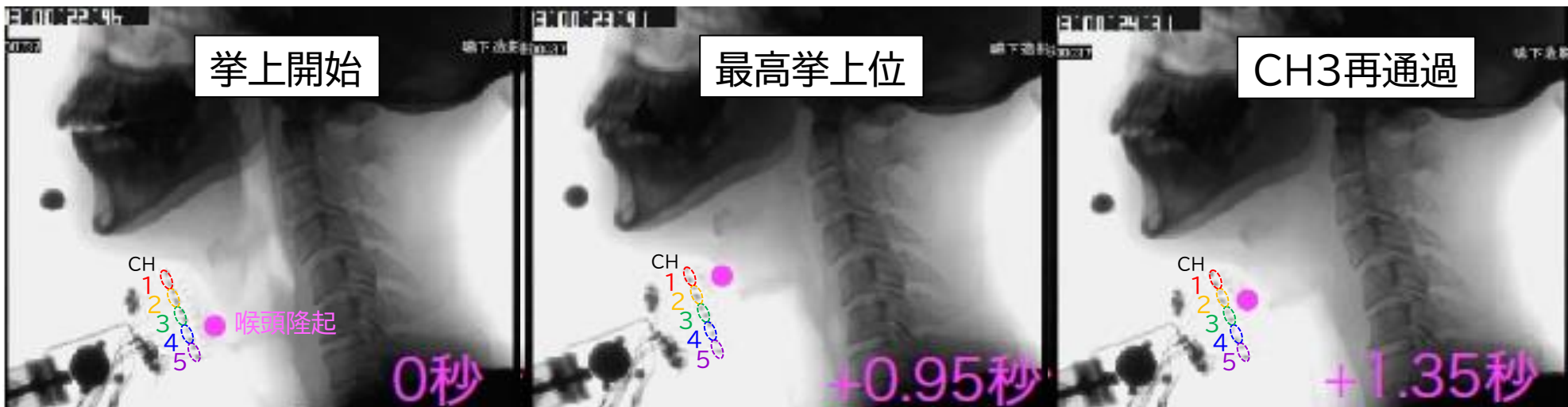
挙上時

頸部

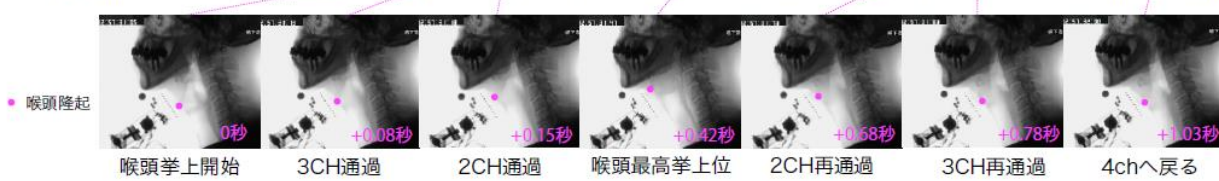


嚥下造影(VF)との同時計測による検証

計測例)

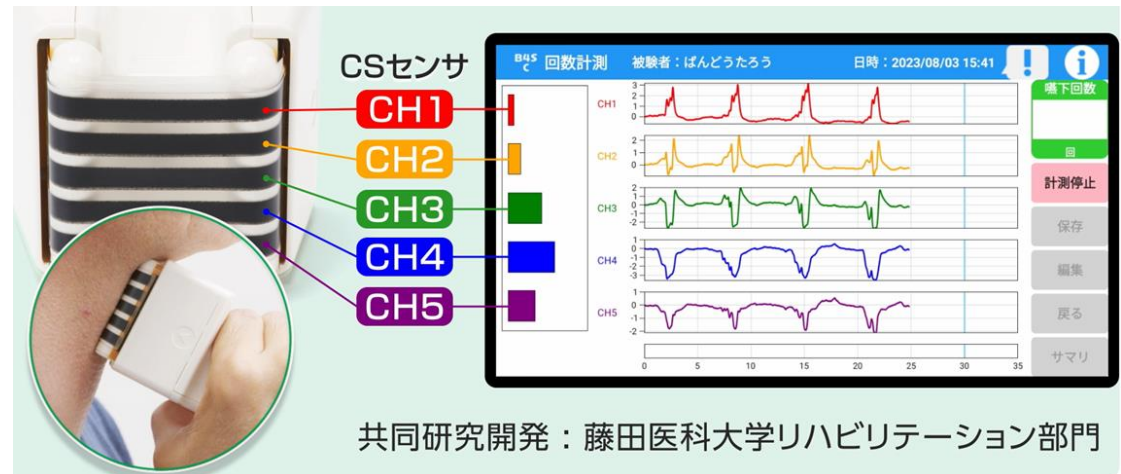


嚥下運動と各CHのセンサ波形が同期していることが確認されています。



出展)
第26・27回合同学会日本摂食嚥下リハビリテーション学会
藤田医科大学医学部リハビリテーション医学 I 講座

1. 嚥下中の喉頭の動きを可視化します。
2. 視覚的バイオフィードバックトレーニングができます。
3. 嚥下回数、嚥下タイミングの計測ができます。



- ①嚥下運動の可視化、②嚥下回数の精度は論文化に向けて、進行中
- ④・⑦・⑧嚥下訓練時の有用性、⑤干渉波刺激装置の適用判定等、使い方の発表
- ③・⑥発声訓練時に使用し、喉頭挙上の確認

番号	演題	施設	発表者	学会	時期
①	伸縮ひずみセンサー (C-STRECH®) を用いた嚥下時の喉頭挙上の同定	藤田医科大学	栗飯原 けい子	第26・27回日本摂食嚥下リハビリテーション学会	2021/8/19
②	伸縮ひずみセンサー(C-STRECH®) を用いたRSSTの自動測定	藤田医科大学	柴田 斉子	第26・27回日本摂食嚥下リハビリテーション学会	2021/8/19
③	YUBA メソッド誤嚥防止ノド体操	清風学園	弓場 徹	第123回日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会	2022/5/25
④	嚥下運動モニタ (B4S™) を用いたBiofeedback練習の効果 重症嚥下障害を呈した2症例	藤田医科大学	栗飯原 けい子	第23回日本言語聴覚学会	2022/6/24
⑤	喉頭神経干渉波刺激が RSST に与える影響 - B4S を用いた検討	藤田医科大学	太田 喜久夫	第28回日本摂食嚥下リハビリテーション学会	2022/9/23
⑥	YUBA メソッド誤嚥防止ノド体操とその効用	清風学園	弓場 徹	第124回日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会	2023/5/18
⑦	2種類のバイオフィードバックが奏功し液体誤嚥が改善した1例	藤田医科大学	伊藤 百合子	第29回日本摂食嚥下リハビリテーション学会	2023/9/3
⑧	嚥下手技の誤学習を認めた延髄背外側梗塞による重度咽頭期障害の症例	藤田医科大学	川本 陽和	第29回日本摂食嚥下リハビリテーション学会	2023/9/3

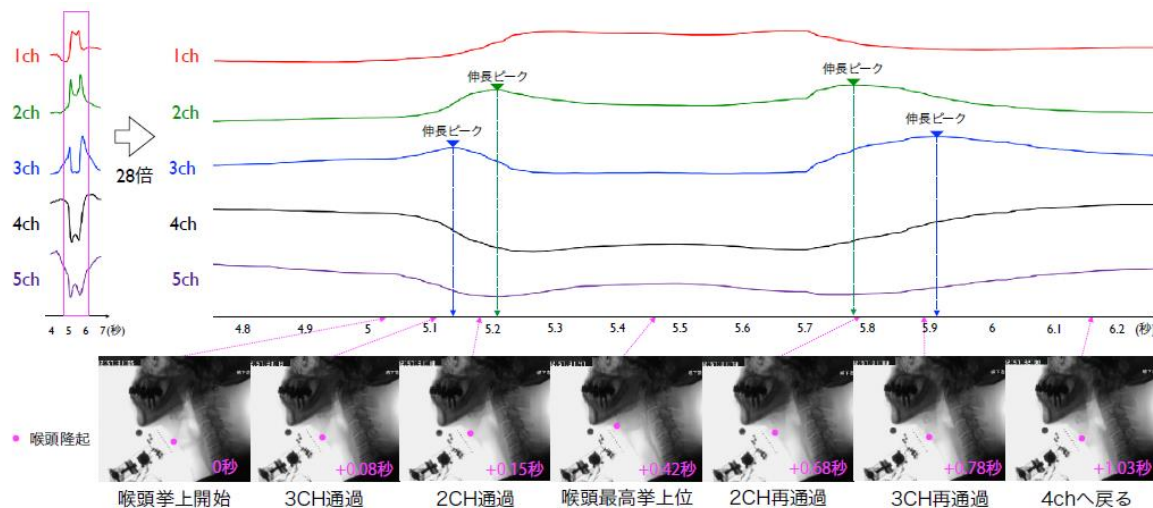
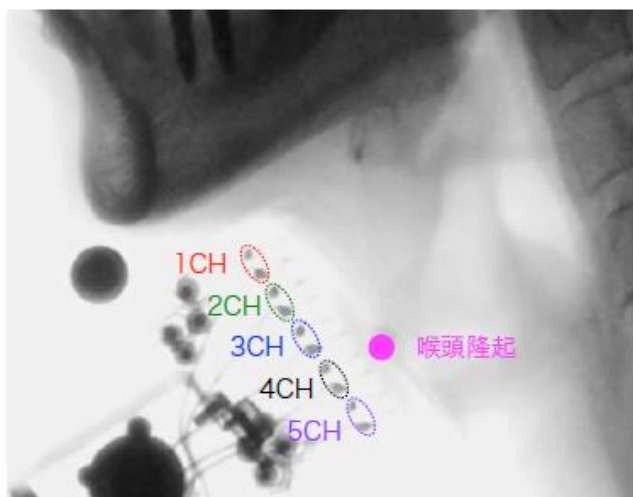
① 伸縮ひずみセンサー(C-STRECH®)を用いた 嚥下時の喉頭挙上の同定

第26・27回合同学術大会日本摂食嚥下リハビリテーション学会
粟飯原けい子先生(藤田医科大学医学部リハビリテーション医学 I 講座)

【目的】 センサが捉えた波形が嚥下中の喉頭の動きを正確に反映しているかを検証する。

【対象】 健常男性 3 名 (62歳, 52歳, 40歳)

【方法】 唾液嚥下3施行を嚥下造影(VF)で同時計測し、各CHの通過時間を計測とセンサ各CHピーク時間を比較した。



- VF画像で喉頭隆起がCH3, CH2を通過する時間とセンサで計測した伸長ピーク時間はほぼ一致した。
- 喉頭喉頭下降にともないCH2, CH3を再通過する時間と、センサで計測した伸長ピーク時間はほぼ一致した。
- 喉頭挙上/下降により、センサーが伸張し山型の波形になる。
- 開始時に喉頭隆起で伸張していたChは伸びが復元し谷型の波形になることがVF下で確認できた。

【結語】 センサーが嚥下中の喉頭動態を捉えていることが明らかとなり、喉頭の動きを同定できることが示された。

② 伸縮ひずみセンサー(C-STRECH®)を用いたRSSTの自動測定

第28回日本摂食嚥下リハビリテーション学会(2022/9/23)
柴田斉子先生(藤田医科大学医学部リハビリテーション医学 I 講座 医師)

【目的】伸縮ひずみセンサー(C-STRECH®)を用いて、嚥下運動時の喉頭挙上を体表面から感知するシステム(C-STRECH swallowing monitor, CSSM)を作製し、その精度を検証する。

【対象】摂食嚥下障害のない健常成人11名(男:女=6:5名, 年齢 56 ± 13 歳)
摂食嚥下障害患者23名(男:女=13:10名, 年齢: 63 ± 21 歳)

【方法】座位の被験者にCSSMを頸部に当てながら反復唾液嚥下テスト(RSST)を実施してもらい、自己申告された嚥下回数とCSSMによる自動判定の回数を比較した。

健常群(n=10*) 1名は実施中に会話を続けてしまい、波形が取れなかったため除外

		自己申告		
		嚥下あり	嚥下なし	
自動判定	あり	107	1	108
	なし	0	0	0
		107	1	

感度 = 100%

精度 = 99.1%

患者群(n=23)

		自己申告		
		嚥下あり	嚥下なし	
自動判定	あり	250	18	268
	なし	5	0	5
		255	18	

感度 = 98.0%

精度 = 93.3%

感度) 自己申告に対して正しく自動判定した割合

精度) 全ての自動判定のうち自己申告と一致した割合

【考察】体表面から嚥下時の喉頭挙上を捕らえ、嚥下回数を自動で計測するデバイスを作製し、良好な感度と精度を得た。

嚥下運動モニタ (B4S™) を用いた Biofeedback練習の効果 重度嚥下障害を呈した2症例

栗飯原けい子¹⁾, 稲本陽子^{1), 2)}, 小林浩子³⁾, 與那覇由梨³⁾, 柴田斉子²⁾, 加賀谷斉⁴⁾, 才藤栄一⁵⁾, 大高洋平²⁾

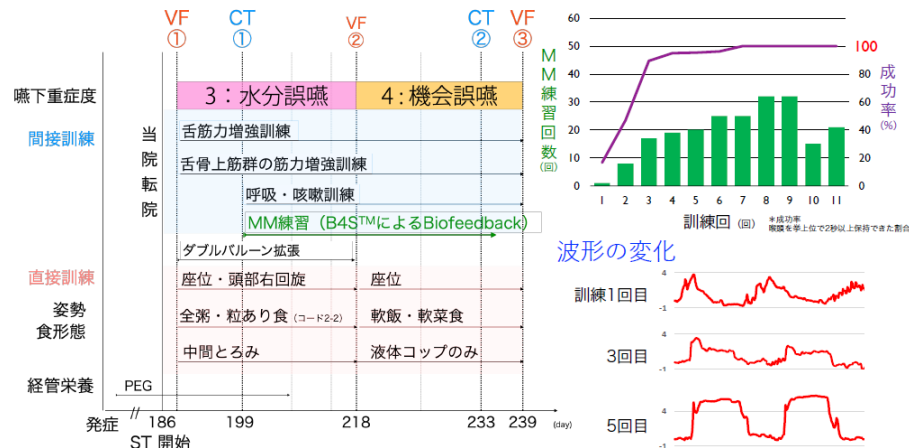
- 1) 藤田医科大学保健衛生学部リハビリテーション学科
- 2) 藤田医科大学医学部リハビリテーション医学Ⅰ講座
- 3) 藤田医科大学病院リハビリテーション部
- 4) 国立長寿医療研究センターリハビリテーション科
- 5) 藤田医科大学

嚥下運動モニタ (B4S™) を用いたMM練習の効果

症例1：
咽頭収縮不良・喉頭挙上範囲の低下に対して導入した、メンデルソン手技の成功率は**訓練5回目で95%**となり、VFでは**咽頭残留の軽減**，嚥下CTでは**舌骨と喉頭の前・上方運動の改善・咽頭収縮率の改善**を認めた。

症例2：
喉頭挙上範囲の低下に対して導入した、メンデルソン手技の成功率は**訓練3回目で100%**となり、VFでは誤嚥の軽減，嚥下CTでは**舌骨と喉頭の前・上方運動の改善**を認めた。

訓練経過



結語

- メンデルソン手技は喉頭挙上範囲・咽頭収縮の改善や食道入口部の開大面積・時間の延長に効果があるとされる。
- メンデルソン手技の獲得は容易でない。
- 今回の2例は比較的早期に手技の獲得が可能であった
- B4Sを用いた訓練では、患者自身がパフォーマンスの結果を視覚的に確認することができる。
- 嚥下手技の習得が容易となり、訓練効果を早期に得られる可能性がある。
- 成果を患者と療法士で共有でき、訓練の動機づけにも有用である。

抄録より

第28回日本摂食嚥下リハビリテーション学会(2022/9/23)
太田 喜久夫 (藤田医科大学医学部ロボット技術活用地域リハビリ医学 医師)

- 【背景】 上喉頭神経の干渉波刺激によって嚥下反射が促通される可能性があり、嚥下障害患者に対する治療として利用されるようになってきているが、その即時効果は明確ではない。今回、上喉頭神経への干渉波刺激による即時効果について嚥下運動モニタB4S™を用いて検討したので報告する。
- 【対象】 研究の目的に同意した健常者21名（男性11名，女性10名：年齢 37 ± 11.4 歳）
- 【方法】 方法：上喉頭神経干渉波刺激装置(ジェントルスティム™)を用いて以下の条件で干渉波刺激を実施した。刺激部位:両側胸鎖乳突筋前縁に電極貼付
刺激条件：2000および2050Hz，1.5から2mA 20分間。
評価方法：RSST(反復唾液嚥下テスト)を干渉波刺激前後で2回ずつ実施し，B4SでRSSTの嚥下運動をモニタした。B4Sで得られる5CHの波形から最も嚥下波形を検証しやすいCHを選択し，嚥下運動の波形のピーク値間隔を時間因子指標として算出し，干渉波刺激前後で比較検討した。
- 【結果】 RSSTは干渉波刺激前 7.2 ± 1.8 回，刺激後 7.6 ± 2.0 回($p < .05$; paired t-test). B4Sによる時間因子のうち1回目と3回目の嚥下波形ピーク値時間 (T3-T1) は刺激前 6.63 ± 2.3 ，刺激後 6.52 ± 2.3 秒(短縮13名，増加8名)であった。
- 【結語】 上喉頭神経干渉波刺激がRSSTに与える影響についてB4Sを用いて検証した。RSSTの時間因子を評価指標として用いることで干渉波刺激の適応判定に有用と考えられる。

第123回日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会発表(2022/5/25)

O-187 「YUBA メソッド誤嚥防止ノド体操」 ○弓場徹 清風学園

共同研究

- ・大阪大学情報科学研究科 御堂義博先生
- ・京都府立耳鼻咽喉科 頭頸部外科 平野滋教授
- ・エクシング (ジョイサウンド カラオケ企業)

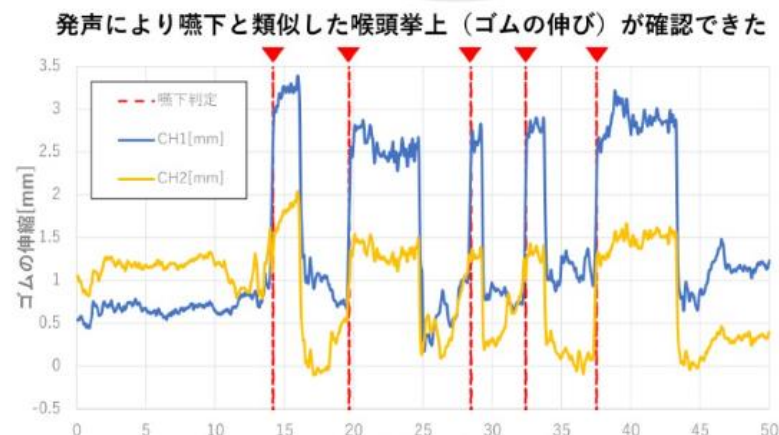
人間には、発声器官はなく、消化と呼吸器系の切り替えの仕組みを転用し発声しているという「YUBA 理論」の考えに基づき『YUBA メソッド誤嚥防止ノド体操』は創作された。

音楽に合わせて、インストラクターの声をまねて発声するだけで、

誤嚥防止のための、

1. 異物の排出のための「呼気力」
 2. 声門下に異物を入れないための「声門閉鎖力」
 3. 食塊が気管に入れないための声門閉鎖力を保ちながら咽頭から食道に食塊を運ぶための「喉頭挙上力」
- の系統立ったトレーニングが2分半でできる。

YUBAメソッドによる喉頭動作と嚥下運動の類似性評価



CSVファイル出力について

- CSセンサCH1～CH5の伸縮(mm)データはCSV形式で保存されます。
- タブレット端末とPCをUSB接続して、CSVデータを取り出すことができます。
- 編集されたデータのcsvファイルは、ファイル名にE.csvと表示、保存されます。

(1) トレーニングアプリ

最大10波形のデータが連続して保存されていますので、保存n番目(A列)で識別してください。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	被験者ID	計測開始時刻	最大計測時	アプリ名				
2	ばんどう	2021/10/2 11:54	30	B4Straining1.00b				
3	訓練	選択CH	時間[s]	CH1[mm]	CH2[mm]	CH3[mm]	CH4[mm]	CH5[mm]
4	1	1	0	-0.008	0	-0.006	0.02	0.012
5	1	1	0.02	-0.03	-0.014	-0.02	0	-0.014
6	1	1	0.04	-0.046	-0.008	-0.026	0.006	-0.014
7	1	1	0.06	-0.046	-0.028	-0.026	0	-0.02
8	1	1	0.08	-0.046	-0.034	-0.026	-0.014	-0.03
9	1	1	0.1	-0.046	-0.054	-0.032	-0.034	-0.048

保存n番目のデータ

選択したCH番

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	被験者ID	計測開始時刻	最大計測時	アプリ名				
2	ばんどう	2021/10/2 11:54	30	B4Straining1.00b				
3	訓練	選択CH	時間[s]	CH1[mm]	CH2[mm]	CH3[mm]	CH4[mm]	CH5[mm]
4	1	1	0	-0.016	-0.01	-0.018	-0.02	-0.03
5	1	1	0.02	-0.022	-0.022	-0.03	-0.032	-0.054
6	1	1	0.04	-0.022	-0.032	-0.042	-0.038	-0.064
7	1	1	0.06	-0.022	-0.016	-0.054	-0.032	-0.082
8	1	1	0.08	-0.022	-0.026	-0.068	-0.046	-0.094
9	1	1	0.1	-0.016	-0.016	-0.048	-0.07	-0.146
10	1	1	0.006	-0.016	-0.036	-0.078	-0.146	
11	1	1	-0.008	-0.01	-0.048	-0.07	-0.152	
12	1	1	-0.016	-0.016	-0.048	-0.078	-0.146	
13	1	1	0.006	-0.01	-0.062	-0.084	-0.146	

表計算ソフトのフィルタ機能を使用すると、1施行ずつのデータを抜き出すのに便利です。

(2) カウントアプリ

嚙下判定ポイントはG列に“o”(小文字のオー)とマーキングされています。

	A	B	C	D	E	F	G
1	患者ID	日時	アプリ				
2	ばんどう	2021/9/30 16:50	B4Scount 1.00b				
3	時間[s]	CH1[mm]	CH2[mm]	CH3[mm]	CH4[mm]	CH5[mm]	嚙下判定
4	0	-0.016002655	-0.032	0.015999	0.028	0.038002	
5	0.02	-0.00799942	-0.044	0.009998	0.021999	0.029999	
6	0.04	-0.00799942	-0.052	-0.002	0.007999	0.021999	
7	0.06	-0.016002655	-0.052	-0.014	0.007999	0.006001	
8	0.08	-0.010002136	-0.038	-0.014	0.021999	0.012001	
9	0.1	-0.002002716	-0.038	-0.008	0.014	0.02	
10	0.12	-0.002002716	-0.03	-0.008	0.014	0.028	

フィルタ機能を使用すると、嚙下ポイントのみを抽出するのに便利です。

時間[s]	嚙下判定
10.54	o
15.56	o
20.54	o
25.48	o
30.38	o
35.22	o
39.64	o

※操作方法の詳細は取扱説明書(6. データファイルの取扱い)を確認して下さい。