

脳生体ダイナミクスを捉える摂食嚥下 機能リモート評価訓練システムの開発

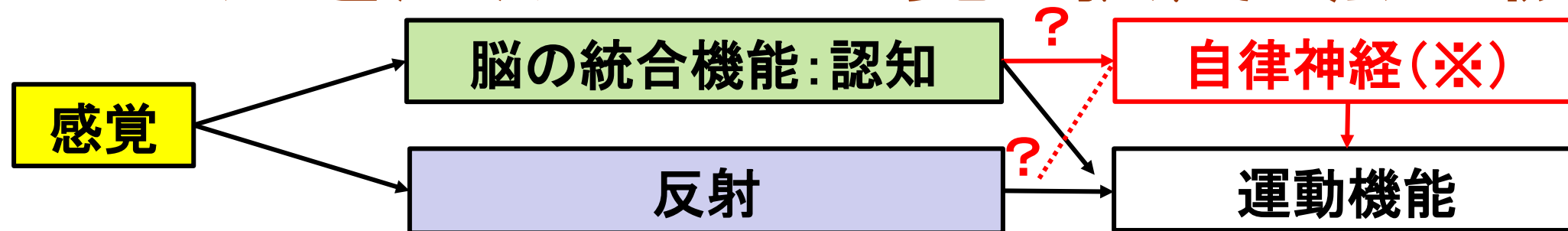
広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター
特任准教授 濱 聖司

2025年10月23日

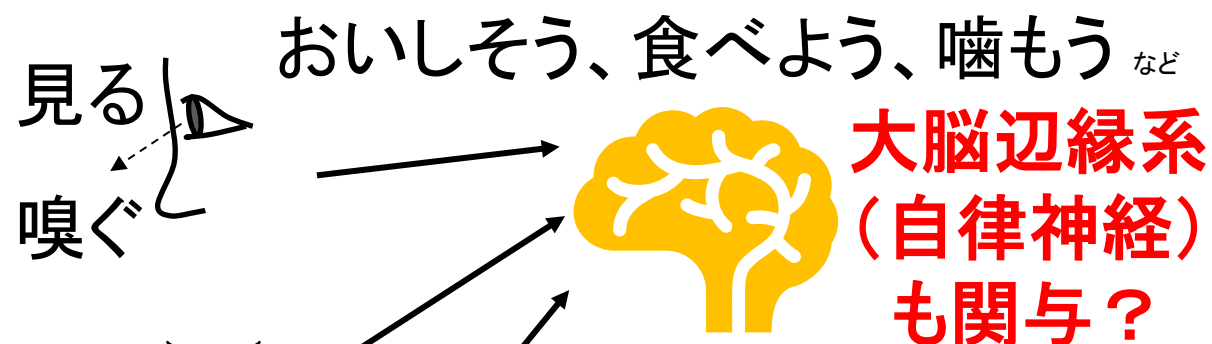
摂食嚥下障害の社会的位置づけ

- 70歳以上高齢者の4人に1人が嚥下困難を自覚
- 脳卒中患者の4～8割に嚥下障害あり
- 440万人の認知症の半数に摂食障害と嚥下障害
- 令和4年の誤嚥性肺炎の死亡5.6万人
- 肺炎の医療費:2327億円/年
- 嚥下障害は重症化して肺炎に至るまで気づきにくく、栄養状態を悪化させて虚弱状態（フレイル）を招き、筋力低下による転倒、認知症、うつ病などのリスクを増大させる。
- 令和3年の介護保険要介護・支援677万人

脳を起点とした感覚と摂食・嚥下機能



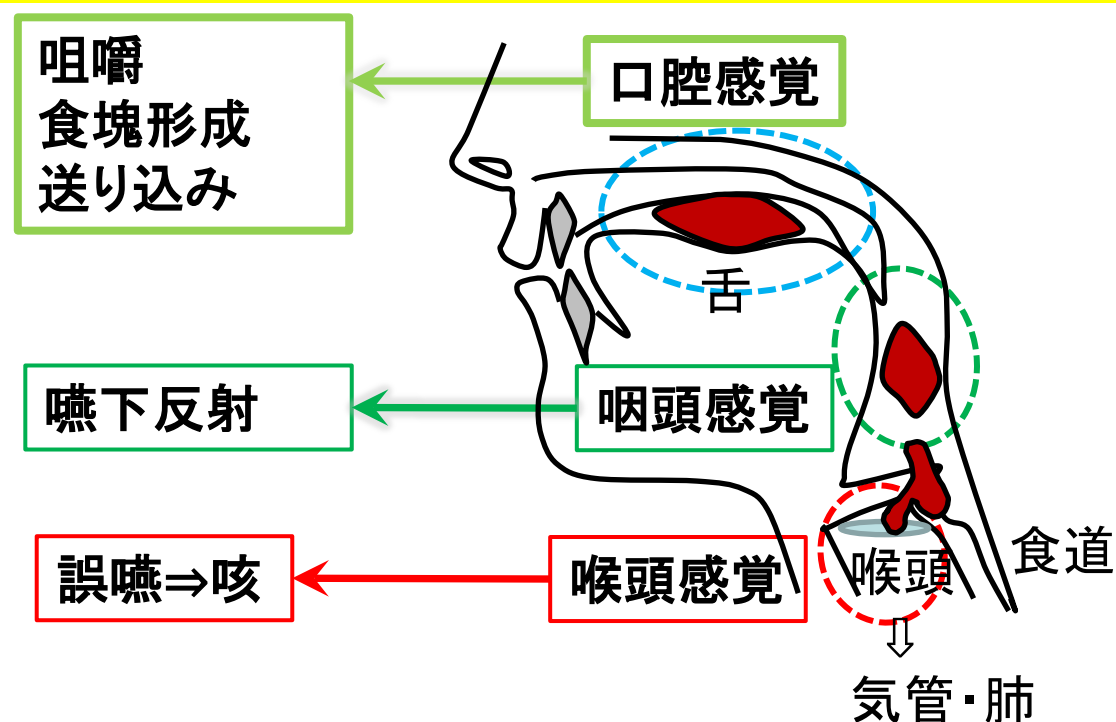
認知機能と摂食嚥下



リーチ動作
姿勢を保つ

1. 食べ物を口に運ぶ
2. 咀嚼する
3. 口から咽頭に送り込む

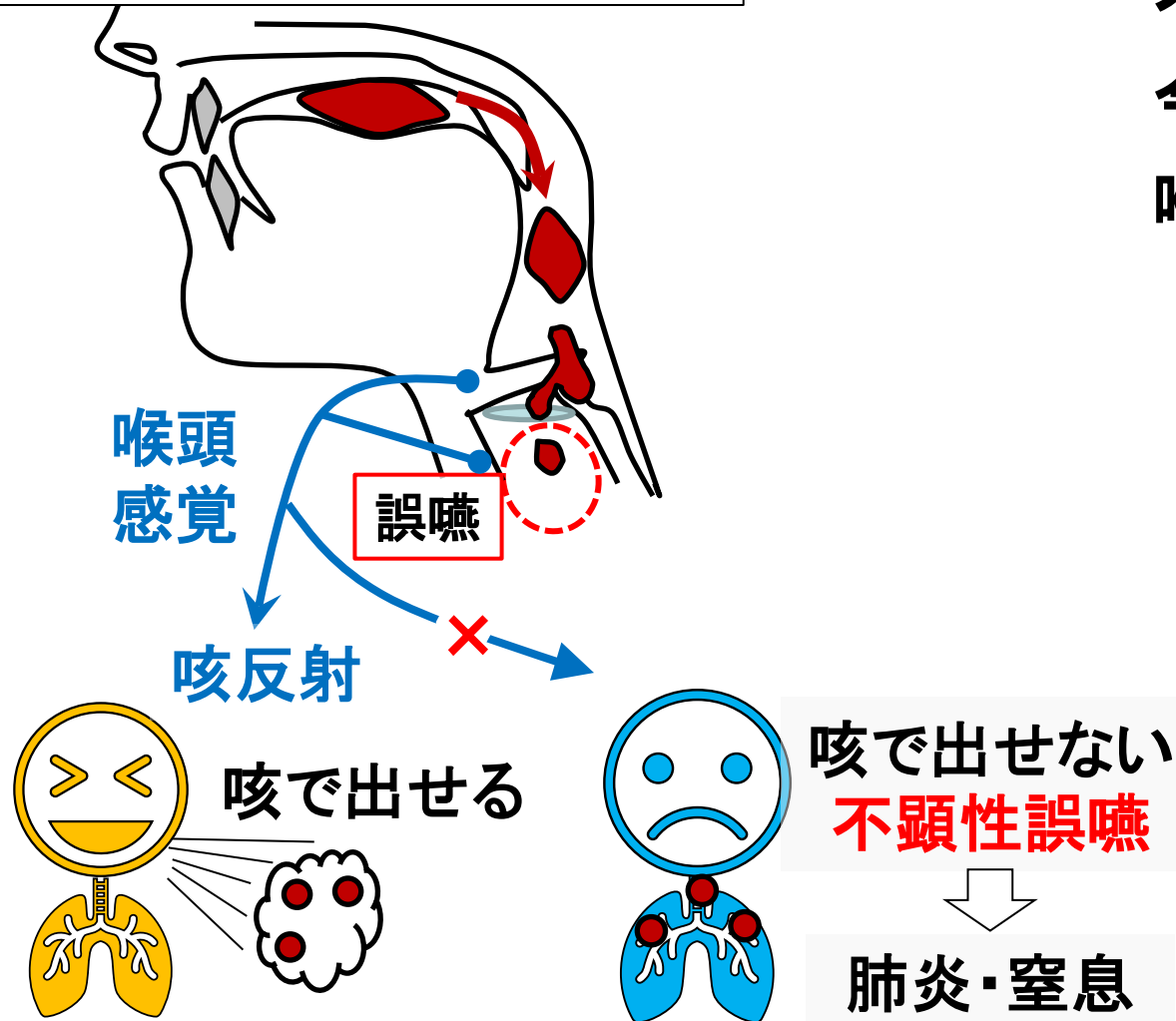
感覚と摂食嚥下



摂食・嚥下機構は分かりにくい⇒検査と訓練ができる施設は限られる。

不顕性誤嚥と誤嚥性肺炎 従来技術とその問題点

喉頭感覚と不顕性誤嚥

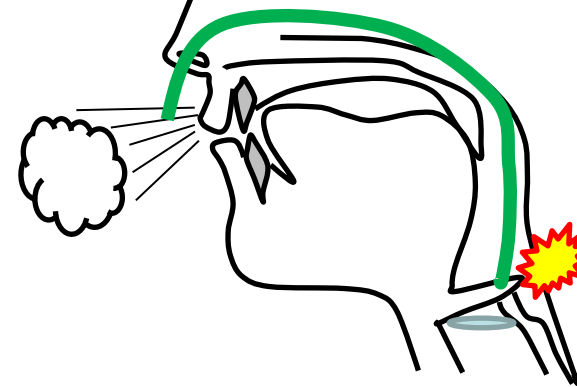


不顕性誤嚥を調べることが大切！

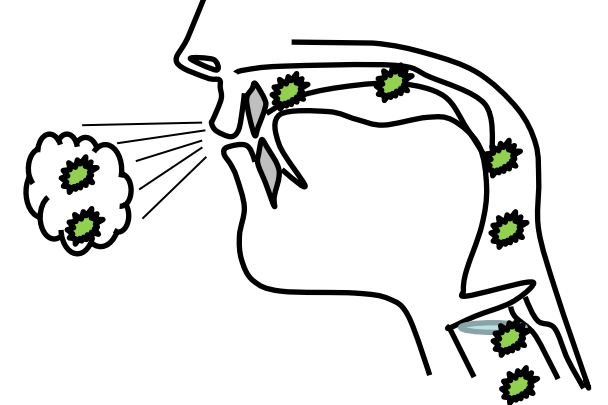
不顕性誤嚥を調べる＝**喉頭**の**感覚**を調べる
今まで**喉頭感覚**を客観的に調べる方法が無い
喉頭に強い刺激を加えて**咳**が出るかどうかで判断

喉頭感覚と不顕性誤嚥を検査する従来技術

嚥下内視鏡カメラの先端
を喉頭に当てる刺激

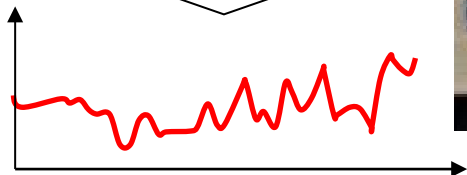
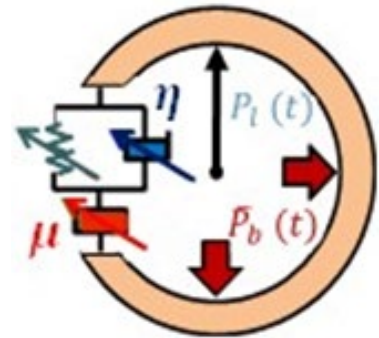
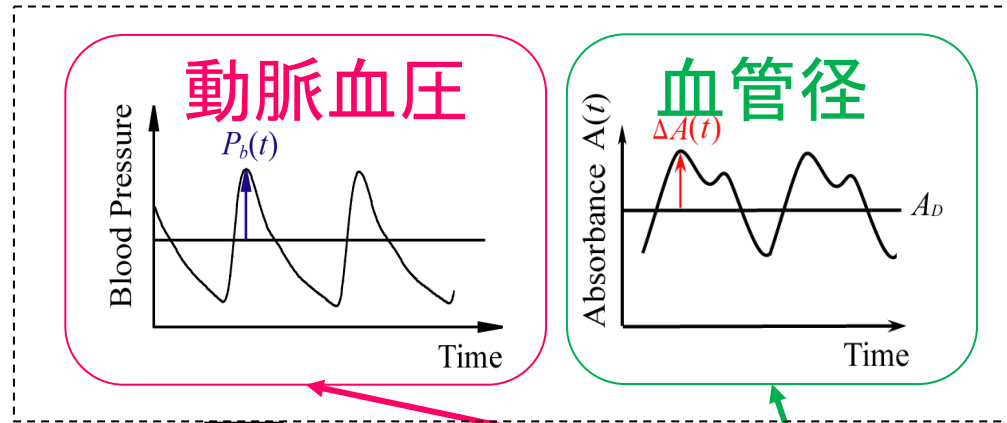


刺激性のある化合物
を吸入する刺激



検査が**侵襲的**。できる**施設**が限られる。

末梢交感神経活動の非侵襲的評価法



末梢血管剛性



連続血圧

容積脈波

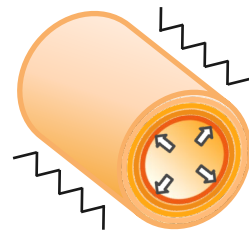


侵害刺激



視床下部
自律神経の統合中枢

血管収縮



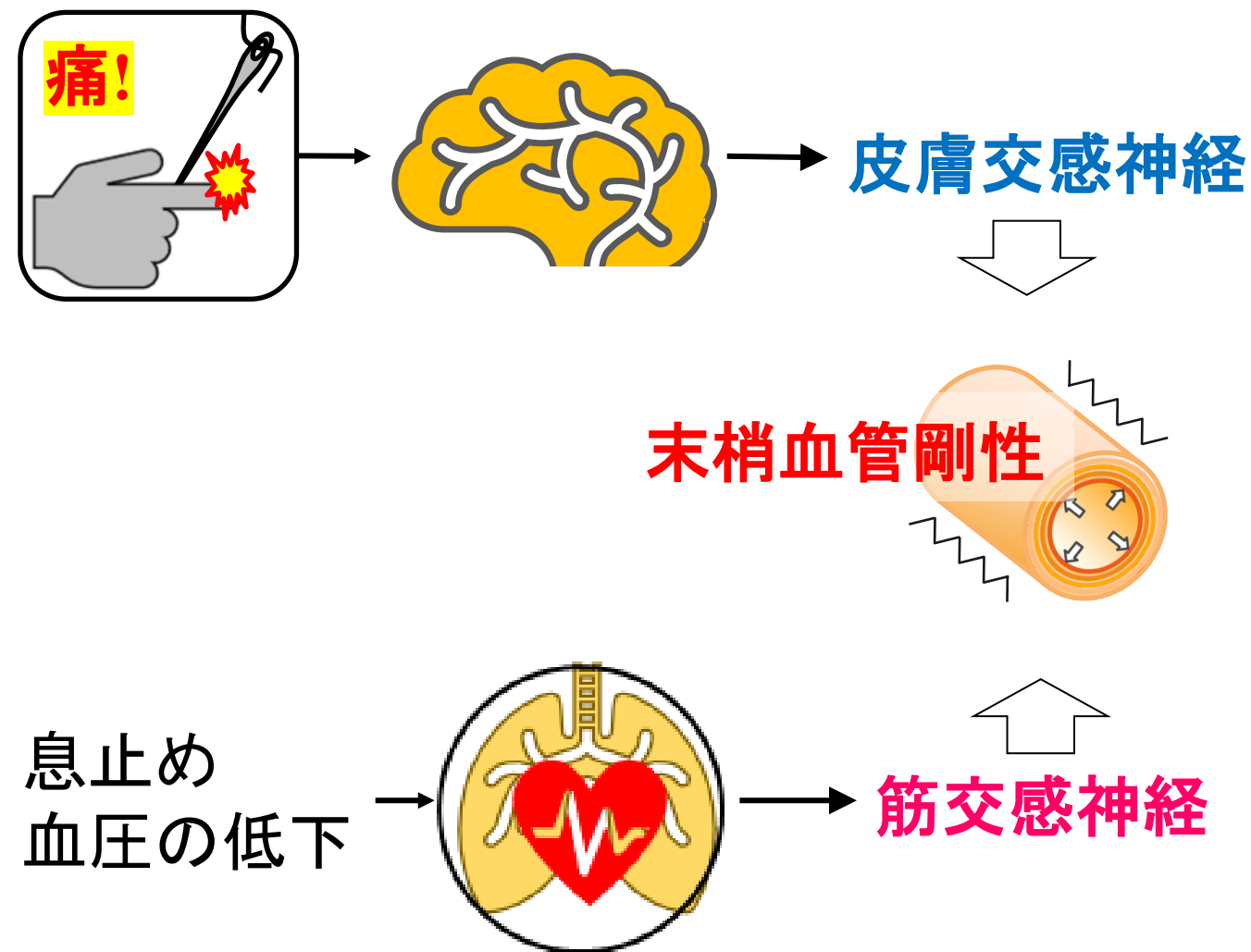
皮膚交感神経

筋交感神経

心拍数の増加

末梢の血管の収縮度合を血管の硬さとして計算して末梢交感神経活動を見える化

末梢血管剛性で嚥下が見える化



波形：持続が長く、多様

認知機能の影響：大きい

呼吸・循環の変化：反応なし

驚愕などの情動反応、痛み：反応あり

嚥下時の口腔～咽頭感覚
喉頭の感覚

を反映（見える化）

波形：持続が短く、同期的

認知機能の影響：小さい

呼吸・循環の変化：反応あり

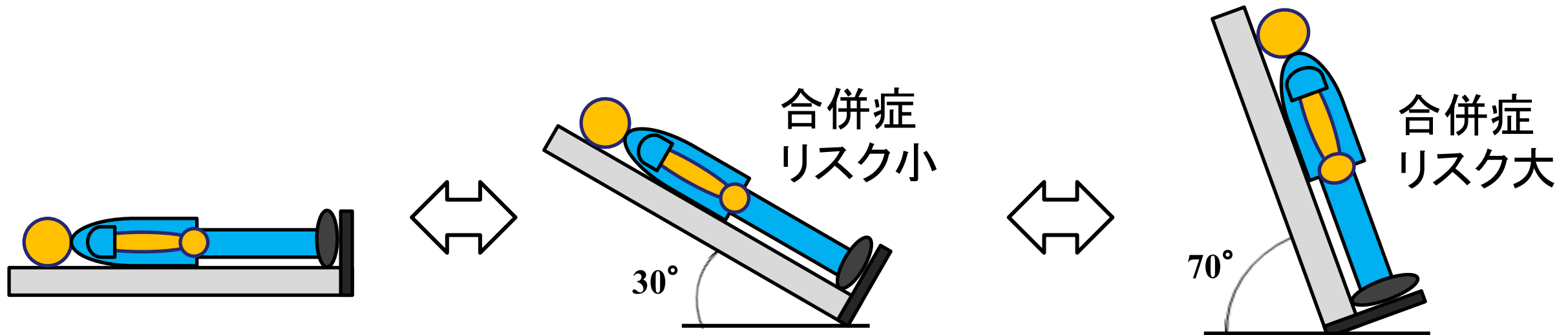
驚愕などの情動反応、痛み：反応ない～弱い

嚥下時の息止め
咳反射

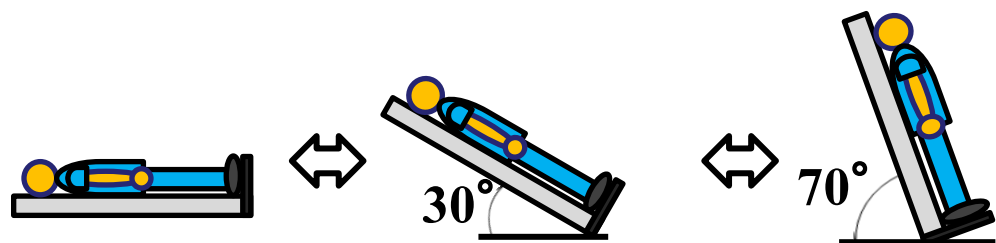
を反映（見える化）

自律神経活動の評価法 従来技術とその問題点

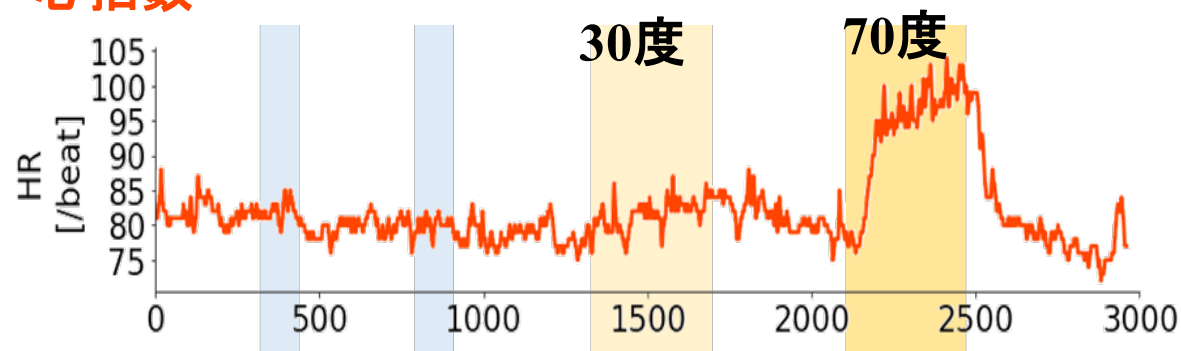
- 自律神経活動の一般的な評価方法に**ヘッドアップチルト試験**がある。
- 頭側を**60～70度挙上**させると血液が下肢に移動して血圧が下がる。脳血流を維持する為に交感神経が働いて**脈拍が上がり**、**末梢血管が収縮**して血圧を維持しようとする。この現象を利用して交感神経活動を評価するが、通常は心拍変動で評価する。
- 脳卒中患者では**起立性低血圧による失神**や**脳梗塞再発リスク**が高いため、検査困難なことが多い。
- 挙上角度が**30度**であれば、起立性低血圧の**リスクは低く**、ほぼ大部分の患者に行うことができるが、**心拍の変動がほとんど抽出できない**ことから自律神経活動の評価は難しい。



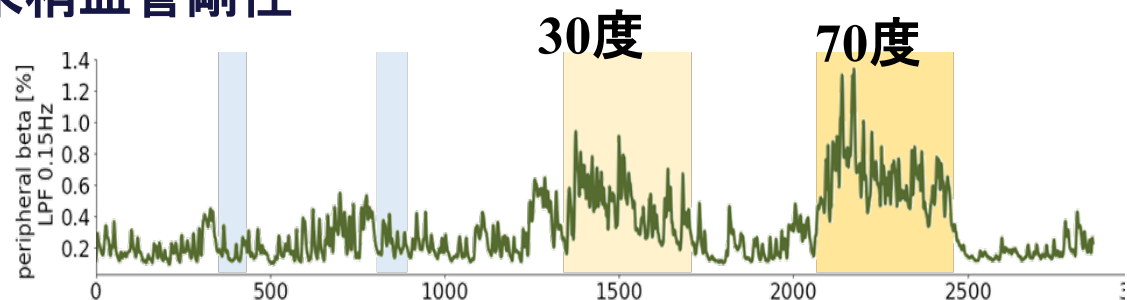
末梢血管剛性による自律神経活動の評価



心拍数



末梢血管剛性



末梢血管剛性を用いれば30度挙上でも
自律神経(末梢交感神経)活動が評価で
きる

30度ヘッドアップチルト：患者と健常者の比較

患者16名（脳疾患等）に対して30° ヘッドアップチルト試験を行い、
健常者21名と比較

脳疾患などの患者に対して末梢血管剛性を用いると30° 挙上の低負荷ヘッドアップチルト試験で自律神経（末梢交感神経）活動の評価ができる

30度ヘッドアップチルト:嚥下障害との関連性

ヘッドアップチルト試験(30度)の末梢血管剛性と退院時の摂取・嚥下機能
～入院時に嚥下障害で経口摂取困難(経管栄養)であった脳疾患患者23名

		退院時嚥下機能		退院時摂食機能	
		経管栄養	経口摂取	FIM≤4	FIM≥5
30度ヘッドアップチルト の末梢血管剛性の変化	上昇	4	14	8	10
	不変・低下	5	0	5	0

チルトベッドを30° 挙上して

嚥下障害と末梢交感神経活動は関連あり

- 末梢血管剛性が不変・低下⇒経口摂取獲得が困難
- 末梢血管剛性が上昇⇒経口摂取獲得割合が有意に高い (χ^2 検定: $p=0.0016$)

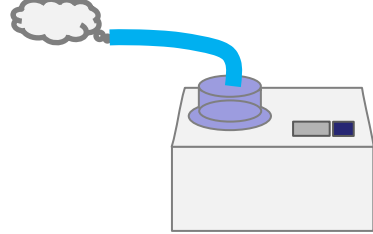
入院時に30度ヘッドアップチルト試験で末梢血管剛性が上昇しない12名の患者に対して
毎日、30度ヘッドアップチルトを訓練として2～3週間繰り返すと全例で末梢血管が上昇。
⇒入院時に嚥下障害で経鼻経管栄養9名中7名(78%)で嚥下機能が改善した。

30度ヘッドアップチルトは末梢交感神経活動と嚥下の障害に対して訓練効果あり

蒸留水の吸入で喉頭感覚の見える化

一般家庭で幼児にも使える蒸留水の吸入でも、末梢血管剛性を使うと喉頭感覚の認識が客観的に評価できて不顕性誤嚥が診断できるのではないかな？

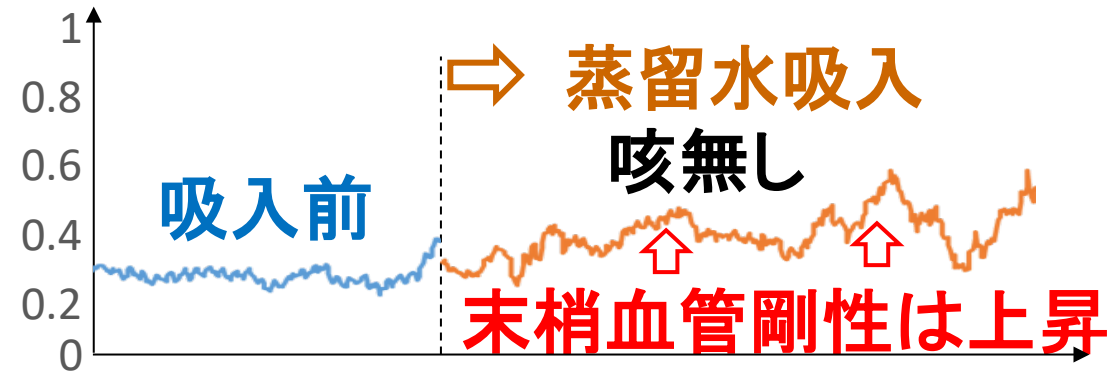
蒸留水の吸入



超音波式ネブライザ

健常者の蒸留水吸入と末梢血管応答

末梢血管剛性



咳が出なくても、水蒸気が喉頭～気管に達した感覚を客観的に評価(＝見える化)できる。



末梢血管剛性を使えば不顕性誤嚥が低侵襲で評価できる。

蒸留水吸入で喉頭感覚の見える化と訓練

嚥下内視鏡検査で嚥下障害ありと診断され、蒸留水吸入で末梢血管剛性の反応が低下していた12名の患者

約1カ月間、毎日蒸留水吸入を続ける

9名(75%) : 蒸留水吸入で末梢血管剛性が上昇

9例中8例(89%) : 経口摂取訓練が開始
9例中5例(56%) : 食事の経口摂取が可能

蒸留水吸入には**喉頭感覚低下に対する訓練効果**が期待できる可能性あり

研究の全体像

現状の問題点

嚥下障害

70歳以上高齢者の4人に1人
脳卒中患者の4～8割
440万人の認知症の半数

R4の誤嚥性肺炎の死亡5.6万人
肺炎の医療費:2327億円/年
R3の介護保険要介護・支援677万人

誤嚥がわからない

不顕性誤嚥
咳が出ない

肺炎

死亡・寝たきり

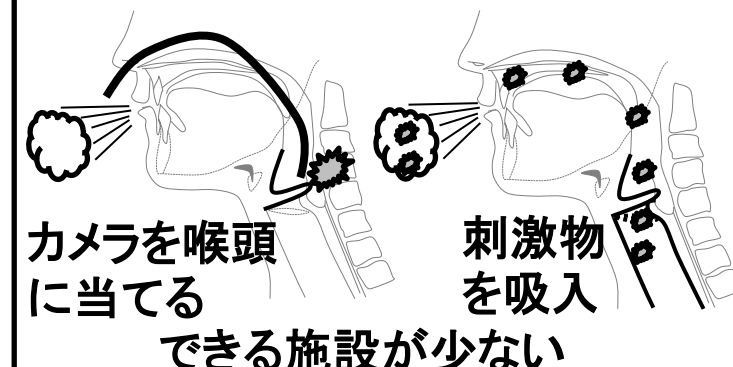
誤嚥を脳に伝える

障害

喉頭
感覚

不顕性誤嚥を調べるには...

喉頭を刺激⇒咳を誘発: 侵襲的



問い①

末梢血管
応答は不
顕性誤嚥
と嚥下障
害を低侵
襲で評価
できるか
?

喉頭

感覚

口腔～咽頭

皮膚交感神経

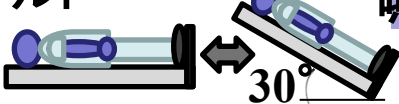


ヘッドアップチ
ルト

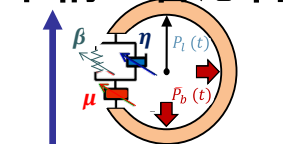
呼吸循環

嚥下反射

咳



末梢血管応答



筋交感神経

誤嚥

気管

咳

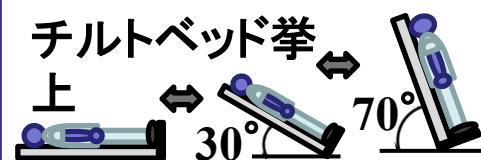
問い②

皮膚交感
神経と筋
交感神経
の刺激訓
練で嚥下
障害は改
善できる
か?



皮膚交感
神経(喉頭
感覚)を刺
激・訓練

筋交感神経を刺激・訓練



将来の展望

末梢血管応答計測機器の簡素化⇒嚥下障害の低侵襲検査と末梢交感神経リハビリテーションの確立⇒臨床応用

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった嚥下に関連する感覚認識の客観的な評価が、末梢血管剛性を用いることで可能となった。
- 従来は不顕性誤嚥を嚥下内視鏡検査や刺激物の吸入で咳を誘発して喉頭感覚を調べる方法に限られていたが、末梢血管剛性によって低侵襲の蒸留水の吸入で評価・訓練できる。
- 末梢血管剛性によって、低負荷の30度ヘッドアップチルトで交感神経活動が評価・訓練できる。
- 本技術の適用により、慢性的なストレス社会で増加する心筋梗塞、うつ病などの原因となり、糖尿病やパーキンソン病にも併発しやすい自律神経失調症状を、誰でも気軽にチェック出来るようになることが期待される。

想定される用途

- 外来や入院で摂食・嚥下障害に対して評価と訓練をする時に使用。
- 入院してリハビリを行って何とか飲み込めるようになった嚥下機能を自宅や施設で維持したい。
- 嚥下機能や認知機能が気になって、自宅や施設で調べて、少し訓練もしたい時。

実用化に向けた課題

- 現在、ヘッドアップチルト試験あるいは嚥下機能検査で末梢血管剛性データを同時取得が可能のところまで開発済み。しかし、摂食嚥下機能・脳活動と末梢交感神経活動との関連性を明らかにする点と末梢血管剛性の計測装置の簡素化が未解決である。
- 今後、嚥下障害患者の脳病変・高次脳機能データを取得し、末梢血管剛性との関連性解析を行う。
- 実用化に向けて、末梢血管剛性の簡素化に向けた技術を確立する必要もあり。

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・嚥下機能検査・ヘッドアップチルト試験と末梢血管剛性の同時計測システムのプロトタイプが完成	2022年-2025年 JST A-STEP産学共同 ＜育成型＞事業の研究資金を獲得してプロトシステムを完成
現在	・嚥下障害患者、起立性低血圧患者に対して、末梢血管剛性を計測して嚥下障害、認知機能、脳責任病巣などとの関連性解析を開始している。	
3年後	・嚥下障害に関連する末梢交感神経活動の変化について、医学的な知見を加えたエビデンスを示す。 ・末梢血管剛性の計測機器の簡素化に向けて、必要なシステムの仕様を構築する。	デモンストレーション実施 :JSTのA-STEP本格フェーズ事業へ応募し研究資金獲得
5年後	・末梢血管剛性の計測機器を簡素化したプロトシステムを構築する。 ・末梢血管剛性と「脳活動(認知機能)」・「こころの変化」との関係性を明らかにする。	評価基礎データの提供 サンプル提供が実現
8年後	・末梢血管剛性を使った認知機能・こころの変化の推定を可能にして、「心の可視化」への応用可能性を探る。	試験サービスの実現

企業への期待

- 未解決の計測装置の簡素化については、末梢血管剛性の推定アルゴリズム、連続血圧波形の計測システムの修正により克服できると考えている。
- ネブライザー、チルトベッド（起立台）、嚥下障害検査・訓練の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、嚥下障害関連製品を開発中の企業、自律神経・ストレス分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は摂食・嚥下障害が、末梢血管剛性と蒸留水吸入を組み合わせることで、施設・一般家庭でも簡単にできる、従来にない製品開発の可能性があります。
- 30度ヘッドアップチルトでの自律神経評価は、多くの病院・クリニックでも行えて汎用性があります。
- 本技術は自律神経活動の異常が関連する多くの疾患やストレス関連分野など、応用範囲が広いです。
- 人の「脳活動」「こころ」の変化を見える化できることから、スマホ社会の新たなアプローチになる可能性があります。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 嚥下能力評価装置、嚥下能力評価装置の作動方法及びプログラム
- 出願番号 : 特願2025-077839
- 出願人 : 国立大学法人広島大学
- 発明者 : 濱聖司、辻敏夫、山脇成人

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 嚥下能力評価装置及びプログラム
- 出願番号 : 特願2023-154158
- 出願人 : 国立大学法人広島大学
- 発明者 : 濱聖司、辻敏夫

産学連携の経歴

- 2社と各々1年ずつ共同研究実施
- 平成24年度 新産業創出研究会 公益財団法人 ちゅうごく産業創造センター 研究会参加企業4社
- 平成25年度 新産業創出研究会 公益財団法人 ちゅうごく産業創造センター 研究会参加企業5社
- 2021年度 JST研究成果展開事業A-STEPトライアウトタイプに採択
- 2022年-2025年 JST研究成果最適展開支援プログラムA-STEP産学共同＜育成型＞
- 10年以上にわたり、2社と共同研究実施

お問い合わせ先

**広島大学
産学連携部 産学連携部門**

TEL: 082-424-4302

e-mail: techrd@hiroshima-u.ac.jp