OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	舌圧・喉頭運動計測システムによるパーキンソン病患者の嚥下動態評価
Author(s)	皆木, 祥伴
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52326
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

舌圧・喉頭運動計測システムによるパーキンソン病患者の嚥下動態評価

大阪大学大学院歯学研究科

統合機能口腔科学専攻顎口腔機能再建学講座

皆木祥伴

指導

大阪大学大学院歯学研究科

統合機能口腔科学専攻顎口腔機能再建学講座

前田芳信 教授

緒言

パーキンソン病（PD）は中脳黒質のドパミン神経細胞が進行性に変性脱落した結果，線条体におけるドパミンが減少し，大脳基底核神経回路の機能異常による様々な運動障害を生じる神経変性疾患である．主要な症状としては安静時振戦，筋固縮，無動・寡動，姿勢保持反射障害などが挙げられ，本邦における PD の有病率は人口 10 万人あたり 100～150 人と推定されている [1]．発症年齢としては 50～60 歳に多く，高齢になるほど発病率が増加する [2]．Leopard ら [3] によると嚥下運動においては，随意運動，反射運動，自律運動のすべてが障害されるため摂食・嚥下の各相にわたる多様な障害がみられると報告しており，Edwards ら [4] は PD 患者の 50～70%以上に嚥下障害が見られると報告している．Nakashima ら [5] は，本邦 PD 患者の死因の第一位は肺炎・気管支炎でありその割合は 38.9%にのぼること，また死因第 3 位の窒息，第 4 位の栄養障害とともに摂食・嚥下障害と強い関連があり，これらの死因をあわせると半数以上となることを報告している．これらのことから，PD 患者の摂食・嚥下障害は重要な生命予後決定因子であると考えられる．そのため，近年 PD 患者の嚥下障害については関心が高まっており，多方面で研究がすすめられるようになった．

現在までのところ嚥下動態の観察や，嚥下障害には主として画像を記録し解析する方法が用いられており，ビデオ嚥下造影検査（VF）やビデオ嚥下内視鏡検査（VE）を使用した研究が数多く報告されている．VF を評価に用いた Ali ら [6] の報告では，PD 患者の嚥下障害は病初期から観察され，嚥下障害の重症度は全身的な機能的重症度と必ずしも関係しないとしており，さらに PD 患者の嚥下時の特徴として，口腔期においては口腔内残留やポンプ状舌運動，舌の振戦，嚥下のためらいなどの異常所見が，さらに咽頭期においては喉頭挙上不良

や喉頭侵入，誤嚥などの異常所見が生じるとしている．Nagaya ら[7]は PD 患者と健常高齢者の嚥下時の VF 画像より，口腔移送時間，ステージ移送時間，咽頭通過時間，上部食道括約筋（UES）開口時間，総嚥下時間，誤嚥の有無を比較しているが，その中でも口腔移送時間のみが有意に延長することを報告している．さらに，PD の病状が悪化するまでは口腔期を中心に影響が及び，咽頭期嚥下に関しては加齢変化の範囲にとどまる可能性について考察している．すなわち PD 患者には様々な嚥下時の異常所見が見られる中でも，口腔期の異常が嚥下障害に大きな影響を及ぼしている可能性がある．しかし，現在嚥下機能評価のゴールドスタンダードとして研究，臨床に広く使用されている VF では，嚥下の全過程における各器官の動きや食塊の位置を観察することはできるが，各器官の動きが作り出すバイオメカニカルな効果を定量的に測定することはできない．このため，PD 患者の嚥下研究のみならず，PD 患者に対する投薬調整やリハビリテーションの面でも定量的な嚥下機能評価法の確立が求められている[1]．

定量的な口腔期の嚥下機能検査法の 1 つに嚥下時の舌と口蓋との接触圧，すなわち舌圧測定が現在まで行われてきている[8]．嚥下において舌は嚥下時に口蓋に接触して圧を生じることにより食塊を咽頭方向へ移送するという重要な役割を果たしており[9]，この口蓋と舌の接触圧，すなわち舌圧は嚥下口腔期における食塊移送の最大の原動力となっている[10]．有病者における嚥下時舌圧測定については，急性期・慢性期脳卒中患者の嚥下障害と舌圧発現様相の関係[11-13]や，筋ジストロフィー患者の舌圧発現様相[14]，ダウン症患者の舌圧発現様相と口蓋形態との関係[15]などについて Hori ら[16]が開発した Swallow scan system を用いて報告されてきた．しかしながら，これまでに PD 患者の嚥下時舌運動について，舌圧の観点から定量的な評価を行った報告は見られない．

以上のような背景をもとに，本研究では嚥下時舌運動の指標として嚥下時舌

圧を定量的に評価し，PD 患者と健常者との間で比較検討を行った．さらに，PD 患者の嚥下時舌圧発現様相と嚥下障害の有無および PD の全身的重症度の進行と嚥下時舌圧発現様相の関係について検討を行った．

実験方法

1．被験者

被験者は大阪大学医学部附属病院神経内科で外来通院治療中の PD 患者の中で，日常の食事を経口摂取している者 30 名（男性 14 名，女性 16 名：年齢分布 55～81 歳：平均年齢 69.4±7.1 歳）とした（表 1）．PD 患者の全身的重症度の評価は神経内科専門医が Hoehn&Yahr（H&Y）の分類[17]を用いて行い，H&YⅡ度 8 名，H&YⅢ度 16 名，H&YⅣ度 7 名であった．対象となる健常被験者は，摂食・嚥下障害ならびに神経筋疾患の既往のない高齢健常有歯顎者 20 名（男性 8 名，女性 12 名：年齢分布 61～85 歳：平均年齢 71.6±6.7 歳）（以下健常群）とした．いずれの被験者群も実験の趣旨を十分に説明し，文書にて同意の得られたものを対象とした．本実験のプロトコールは，大阪大学大学院歯学研究科の倫理委員会の承認を得た（H21-E32）．

2．嚥下障害の評価

嚥下障害質問表（Swallowing Disturbance Questionnaire-Japanese：SDQ-J）（表 2）を用いて，嚥下障害の有無を評価した．SDQ-J は PD 患者の嚥下障害を早期に発見するために開発された 15 問の質問で構成された自記式質問票で，嚥下口腔期の障害に関する質問 5 問（SDQ-J oral phase），嚥下咽頭期の障害に関する質問 10 問（SDQ-J pharyngeal phase）で構成されている．15 問のう

ち14問は個々の質問に対し0点～3点の4段階の回答を行う形式となっており，（0 点：障害なし，3 点：重度の障害あり）15 問のうち 1 問は「有」もしくは「無」で回答する形式（有：2.5 点，無：0.5 点）となっている．評価点の合計（SDQ-J Score）が 11 点以上のときに嚥下障害ありと判定され，VF にて感度 77.8%, 特異度 84.6%で有意に PD 患者の誤嚥を検出する内的整合性の高い質問表であることが報告されている [18,19].

3. 測定方法及び測定条件

図 1 に本研究における嚥下運動（舌圧，嚥下音，喉頭運動）の測定系を示す.

1）舌圧測定

舌圧測定は Swallow Scan System （ニッタ，大阪）を用いた．本システムの舌圧センサシートは，口蓋の曲面に沿うように T 字型をしており，嚥下時の舌圧を測定するために必要と考えられる以下の 5 箇所の感圧点（Channel:以下 Ch.), 口蓋正中前方部（Ch.1), 口蓋正中中央部（Ch.2), 口蓋正中後方部（Ch.3), 右側後方周縁部（Ch.R)，左側後方周縁部（Ch.L）に感圧部位を有しており，各部位における舌圧の発現を時系列に沿って記録することが可能である．厚さは約 0.1 mm であり，生理的な嚥下を極力阻害することなく測定することができる [16]．貼付位置は，Hori らの方法に基づき解剖学的ランドマークである切歯乳頭及びハミュラーノッチを参考に決定した．すなわち，切歯乳頭より 5 mm 後方に Ch.1，左右側ハミュラーノッチを結んだ線に対して垂直に交わる正中線上で，切歯乳頭より 1/3 の位置に Ch.2，2/3 の位置に Ch.3，切歯乳頭と左右側ハミュラーノッチを結んだ線上で, 切歯乳頭より 2/3 の位置に Ch.R と Ch.L が位置することを基準として，口蓋の大きさに応じて S，M，L の 3 種類の中から最適な寸法のセンサシートを選択した.

舌圧の測定に先立ち，シート状義歯安定剤（タッチコレクトⅡ，塩野義，大阪）を用いてセンサシートを口蓋に貼付した後，バキュームポンプを用いて舌圧センサシートの導出部に設けた空気孔より一定の陰圧を与え，各感圧点のキャリブレーションを行った．サンプリング周波数は 100Hz とした．

2）喉頭運動測定

嚥下時喉頭運動の測定には屈曲センサ （MaP1783，ニホンサンテク，大阪）を用いた．屈曲センサのセンサ部は 73.7mm×6.4mm で 1.0mm の厚みをもつ．同センサは，センサの屈曲によって電気抵抗値が変化し，結果として屈曲の状態が電圧の変化としてパーソナルコンピュータ上に記録される．同センサは，フレキシブル基板内部に炭素の抵抗素子を含み，表層は弾力性と耐久性のある膜構造でつくられている．センサの屈曲による電気抵抗値の変化は屈曲量との間に正の相関を示す．屈曲センサの貼付位置は，Li らの報告[20]に準じ，嚥下時に喉頭の最大豊隆部が最高点をとる位置にセンサ上端をあわせ，前頸部皮膚表面に両面テープを用いて貼付し，嚥下時の喉頭運動によるセンサ自体の屈曲による形態変化を電位変化として，圧・屈曲アンプ（Map1783PBA，ニホンサンテク，大阪）を用いて増幅後，センサインターフェイス（PCI-3133A，ニホンサンテク，大阪）を介してパーソナルコンピュータ上に記録した．サンプリング周波数は 1000Hz とした．

3）嚥下音記録

嚥下音は，輪状軟骨下相当部で，屈曲センサを避けた位置にマイクロフォン（JM-0116，小野測器，神奈川）を貼付し，舌圧と同じくパーソナルコンピュータ上に記録した．

なお，測定の際に Swallow Scan から同期信号をセンサインターフェイスに出力し，舌圧，嚥下音，喉頭運動それぞれのデータの計測を同期させた．

4. 測定タスク

計測に際して，被験者の姿勢は坐位で，足が床に着く状態で行い，フランクフルト平面が床面と平行な状態で 5ml の水をシリンジにて口腔底に注入し，口腔内に保持するよう指示した．できるだけ頭位の変化がないように嚥下するよう指示した後，実験者の指示により口腔内に保持した水を嚥下させた．同様のタスクを 5 回施行した.

PD 患者には、wearing-off の有無および 1 日のうちで活動性が低下する時間帯を聴取し，パーキンソン症状が治療薬によってコントロールされている時間帯に測定を行った.

5. 分析方法

図 2 に測定により得られた舌圧，嚥下音，喉頭運動の波形例を示す.

分析項目は舌圧最大値および，舌圧波形の異常パターンとし，舌圧測定によって得られた嚥下時舌圧波形は複数回嚥下運動が発現していた場合でも，計測データにおける 1 回目に発現した舌圧波形を解析対象とした．本実験においては，喉頭運動波形における嚥下イベントの発生と嚥下音の発生から嚥下運動の発現していることを評価した.

1）嚥下時舌圧最大値

記録された舌圧波形から，各感圧部位における嚥下時舌圧最大値は嚥下時舌圧の Onset から Offset までの間に発現した舌圧の最大値とした．今回，SDQ-J で判定される結果をもとに PD 患者を嚥下障害の有無により PD[嚥下障害なし]群と PD［嚥下障害あり］群とに分けて分析を行った．各部位における舌圧最大

値の健常群と PD［嚥下障害なし］群および PD［嚥下障害あり］群の間の比較には一元配置分散分析を行い，有意差が認められた場合は，turkey の方法を用いて多重比較検定を行った．全身的重症度をもとに群分けを行った PD［H&YⅡ］群，PD［H&YⅢ］群，PD［H&YⅣ］群の間の各部位における最大舌圧値の比較には，Kruskal-Wallis 検定を行い，有意差が認められた場合，Dunn 検定を用いて多重比較検定を行った.

2）嚥下時舌圧最大値と嚥下障害との関係

嚥下時舌圧最大値と嚥下障害との関係を評価するため, 各 Ch.における PD 群の嚥下時舌圧最大値と，嚥下障害の有無の指標となる SDQ-J Score，口腔期嚥下障害の指標となる SDQ-J oral phase score，咽頭期嚥下障害の指標となる SDQ-J pharyngeal phase score との間の相関を Spearman の順位相関係数を用いて検討を行った.

3）舌圧発現異常パターン

記録された PD 群の嚥下時舌圧波形において，健常者の嚥下時舌圧発現様相において通常見られない異常パターンを，以下のように分類した.

① 舌圧部分欠失：嚥下時にいずれかの感圧部位において口蓋と舌の接触が検出されない場合

② 舌圧完全欠失：嚥下時にすべての感圧部位において口蓋と舌の接触が検出されない場合

③ 順序性の乱れ：Ch1,2,3 に接触のある被験者のなかで, 口蓋正中部（Ch.1,2,3）の舌圧の Onset が，前方から後方に向かって Ch.1,2,3 の順に発現していない場合

④ 複数回嚥下：舌圧の発現，嚥下音および喉頭運動波形から，1 試行にて嚥下運動が複数回観察された場合

以上の舌圧発現の異常パターンに関して，各群間で発現頻度を比較した．

統計処理はすべて SPSS21.0（SPSS，Chicago，USA）を用いて行い，有意水準はすべて 5%とした．

結果

1．嚥下障害の有無

SDQ-J の基準に従い嚥下障害の有無を判定したところ, PD 群 30 名の中では嚥下障害なしと判定されるものが 16 名（平均年齢 68.6±6.7 歳；男性 6 名）：以下 PD［嚥下障害なし］群，嚥下障害ありと判定されるものが 14 名（平均年齢 70.3±7.6 歳；男性 8 名）：以下 PD［嚥下障害あり］群であった．健常群，PD［嚥下障害なし］群，PD［嚥下障害あり］群間に男女比ならびに年齢構成の有意差はみられなかった．嚥下障害の有無は H&Y の分類別では H&YⅡ度：嚥下障害なし 6 名，嚥下障害あり 2 名，H&YⅢ度：嚥下障害なし 9 名，嚥下障害あり 6 名，H&YⅣ度：嚥下障害なし 1 名，嚥下障害あり 6 名となり，全身的重症度とともに嚥下障害ありと判定される割合が増加していた．

2．嚥下時舌圧最大値

図 3 に健常群と PD［嚥下障害なし］群および［嚥下障害あり］群間の各感圧部位の嚥下時舌圧最大値の比較を示す．正中前方部（Ch.1）においては，健常群の舌圧最大値（11.0±1.1kPa）は，PD［嚥下障害なし］群（5.1±1.7kPa）ならびに PD［嚥下障害あり］群（1.8±1.6kPa）よりも有意に高く，PD 2 群間にも有意差がみられた．正中中央部（Ch.2）においても，健常群の舌圧最大値

（10.9±0.8kPa）は，PD［嚥下障害なし］群（4.9±1.2kPa）ならびに PD［嚥下障害あり］群（2.2±1.2kPa）よりも有意に高く，PD２群間にも有意差がみられた．正中後方部（Ch.3）においては，健常群の舌圧最大値（6.9±1.1kPa）は，PD［嚥下障害あり］群（2.4±1.8kPa）よりも有意に高かったものの，健常群と PD［嚥下障害なし］群（4.9±1.2kPa）との間ならびに PD 二群間には有意差を認めなかった．右側後方周縁部（Ch.R）においては，健常群の舌圧最大値（15.8±1.2kPa）は，PD［嚥下障害なし］群（6.8±1.6kPa）ならびに PD［嚥下障害あり］群（6.6±1.4kPa）よりも有意に高かったが，PD２群間には有意差を認めなかった．左側後方周縁部（Ch.L）においても，健常群の舌圧最大値（15.6±1.3kPa）は，PD［嚥下障害なし］群（9.0±1.6kPa）ならびに PD［嚥下障害あり］群（7.5±1.5kPa）よりも有意に高かったが，PD2 群間には有意差を認めなかった．

図 4 に PD の全身的重症度分類別の各感圧部位の嚥下時舌圧最大値の比較を示す．正中前方部（Ch.1）においては，PD［H&Y:Ⅱ］群（4.5±1.0kPa），PD［H&Y:Ⅲ］群（3.1±0.9kPa），PD［H&Y:Ⅳ］群（3.6±1.8kPa）との間に舌圧最大値の有意差はみられなかった．正中中央部（Ch.2）においては，PD［H&Y:Ⅱ］群（6.5±2.0kPa）の舌圧最大値は PD［H&Y:Ⅳ］群（1.8±0.5kPa）よりも有意に高かったが，PD［H&Y:Ⅲ］群（3.0±0.7kPa）との間ならびに PD［H&Y:Ⅲ］と PD［H&Y:Ⅳ］群間には有意差を認めなかった．正中後方部（Ch.3）においては，PD［H&Y:Ⅱ］群（4.8±1.6kPa），PD［H&Y:Ⅲ］群（4.3±1.8kPa），PD［H&Y:Ⅳ］群（1.0±0.6kPa）との間に舌圧最大値の有意差はみられなかった．右側後方周縁部（Ch.R）においては，PD［H&Y:Ⅱ］群（8.1±4.0kPa），PD［H&Y:Ⅲ］群（6.6±1.4kPa），PD［H&Y:Ⅳ］群（5.5±1.7kPa）との間に舌圧最大値の有意差はみられなかった．左側後方周縁部（Ch.L）にお

いても，PD［H&Y:Ⅱ］群（10.3±4.4kPa），PD［H&Y:Ⅲ］群（7.9±1.5kPa），PD［H&Y:Ⅳ］群（7.1±2.3kPa）との間に舌圧最大値の有意差はみられなかった.

3．嚥下時舌圧最大値と SDQ-J Score との関係

表 3 に各 Ch.における嚥下時舌圧最大値と SDQ-J Score，SDQ-J oral phase Score，SDQ-J pharyngeal phase Score との間の関係を示す.

正中前方部（Ch.1）の嚥下時舌圧最大値と SDQ-J Score, SDQ-J pharyngeal phase Score との間に, 正中中央部(Ch.2)の嚥下時舌圧最大値と SDQ-J Score, SDQ-J oral phase Score，SDQ-J pharyngeal phase Score との間にいずれも負の相関が見られた.

4．嚥下時舌圧波形の異常所見の発生頻度

表 4 に各群における舌圧発現の異常パターンの出現頻度を示す.

1）舌圧部分欠失

健常群では，舌圧部分欠失は観察されなかった一方で，PD 群では 26.7%の被験者に観察された．さらに PD［嚥下障害なし］群では 12.5%に，PD［嚥下障害あり］群では 42.9%に舌圧部分欠失が観察された.

2）舌圧完全欠失

健常群では，舌圧完全欠失は観察されなかった一方で，PD 群では 6.6%に観察された. 舌圧完全欠失が観察されたすべての被験者は PD［嚥下障害あり］群に含まれ，PD［嚥下障害あり］群の 13.0%に相当した.

3）舌圧発現の順序性の乱れ

健常群では，順序性の乱れは観察されなかった一方で，Ch.1，2，3 に接触の欠失が見られない被験者の中で，PD 群では 20.0%に観察された．PD

［嚥下障害なし］群では 18.6%の被験者に，PD［嚥下障害あり］群では 21.4%の被験者に観察された．

4）複数回嚥下

健常群では，複数回嚥下は 30.0%の被験者にみられた一方で PD 群では 80.0%にみられた．さらに PD［嚥下障害なし］群では 62.5%の被験者に，PD［嚥下障害あり］群では 100.0%の被験者に複数回嚥下が観察された．

考察

1．研究方法について

1）舌圧測定方法

PD 患者の嚥下動態の評価は VF や VE による画像診断機器を用いた定性的評価が主であり，PD 患者における嚥下時の様々な異常所見が多数報告されている[3,4,6,7]．しかしながら，これらは定性的な評価法であるために，観察者の主観に影響される可能性を有していることに加え，検査対象の患者に対して侵襲性があるなどの欠点を持つ．さらにこれらの定性的な検査結果から得られる異常所見の有無により評価することは，進行性に悪化してゆく PD 患者の嚥下障害を早期から検出し、段階的な変化を抽出，評価することが困難であると考えられる．

嚥下口腔期における嚥下機能の定量的評価法の一つに，嚥下時の舌と口蓋との接触圧の測定，すなわち舌圧測定が広く行われている．Shaker ら[21]は，嚥下時において口腔内圧は前方から後方に向って形成され，その中で舌圧が食塊を口腔から咽頭へ送り込む最大の原動力となることを報告した．そこで，舌圧を測ることが舌運動評価方法として有効であるという考えから，圧力センサを用

いたシステムが試作され，舌圧に関する研究 [22-29]が数々行われてきた．舌圧を測定する装置は，実に多種多様の物が試作されていて，その中でも，Iowa Oral Performance Instrument （IOPI）[22-24]や，Handy Probe [26,28]に代表されるプローブ型の圧計測装置はすでに臨床応用され，数多くの報告がある．これらの装置による評価法は定量的であるが，計測時に挿入するプローブの厚みのため，生理的な嚥下時舌圧を測定することは困難である．

一方，Hori ら [16]の開発した Swallow scan system は，センサシートの厚みが約 0.1mm と非常に薄く，口蓋粘膜に直接センサシートを貼付できるため，より生理的状態を反映した舌圧の測定が可能であり，センサシートの導線は，臼歯部後方から口腔前庭を通過して口角部から口腔外に導出するため，生理的な嚥下時の歯牙の接触を妨げない．このセンサシートシステムは口蓋各部における機能時の舌圧を時系列に沿って記録し，画像診断では判別できない嚥下時の舌と口蓋の接触圧を定量的に評価することが可能であり，嚥下時舌運動のバイオメカニクスの解析に適している．これらの特徴から本研究で PD 患者の嚥下時舌運動を評価するにあたり swallow scan system を用いることは有用であると考えられる．

2）喉頭運動，嚥下音の測定方法について

PD 患者の嚥下時の特徴として，健常者と比較して分割嚥下，複数回嚥下の出現頻度が高いといわれている．このことから，舌圧測定および解析においてどの舌圧波形を嚥下時の波形とするか，また複数回嚥下が生じているかどうかを正確に把握する必要がある．本研究において嚥下音の発生とともに Li らの方法 [19]に基づき喉頭運動センサから得られるタイムポイントを嚥下運動発現の指標として使用することは有用であると考えられる．

2．結果について

1）PD 患者の嚥下時舌圧最大値について

本研究において，同年代の健常者と比較して，PD 患者の嚥下時最大舌圧は SDQ-J Score で判定された嚥下障害の有無に関わらず，ほとんどの部位で明らかに低下していることが示された．また，PD 患者において嚥下障害が顕在化している者：PD［嚥下障害あり］群においては，顕在化していない者:PD[嚥下障害なし]群と比較してさらに正中前方部（Ch.1）と中央部（Ch.2）の舌圧最大値が低下していることが明らかとなった．これらの結果は，嚥下時舌圧測定により、不顕性の嚥下障害である舌運動の低下を検出し、嚥下障害の顕在化に伴うその変化を抽出する可能性を示すものである．

さらに, Ch.1 の嚥下時舌圧最大値と SDQ-J Score, SDQ-J pharyngeal phase Score との間に，Ch2 の嚥下時舌圧最大値と SDQ-J Score，SDQ-J oral phase Score，SDQ-J pharyngeal phase Score との間にいずれも負の相関が見られたことから，これらの部位における舌圧の低下は，口腔期だけでなく咽頭期の嚥下障害とも関連があることが示唆された. 健常高齢者においても舌圧低下が咽頭残留などの咽頭期嚥下障害の原因にもなりうることが報告されており [30], 疾患の進行に伴って咽頭収縮力の低下も生じると考えられる PD 患者においては，舌圧の低下が誤嚥や窒息に関与するリスクは健常者より高くなると予想される．

一方で，PD 患者における全身的重症度（H&Y 分類）の進行に伴う嚥下時舌圧最大値の差異はほとんど見られなかった. プローブ型の舌圧測定装置を用いて舌の口蓋に対する最大押し付け時の舌圧を測定した Umemoto

ら[31]は，PD 患者において健常者と比較して舌圧が低下すること，PD の全身的重症度の進行によってさらに舌圧の低下が生じると報告している．健常者における嚥下時舌圧は，舌尖部において最大押し付け圧の 40.8～45.9%であると報告されており[22]，舌はもともと高い予備能を持っている．一方で，嚥下時舌圧発現は，単純な等尺性収縮である最大押し付けと比較してより複雑な嚥下時舌運動の motor control を要するため，さまざまな因子が影響すると推察される．したがって，全身的重症度と嚥下時舌圧との関係については，服薬状況等も含めて検討する必要があると考えられる．

2）PD 患者の舌圧異常パターンについて

本研究において全 30 人の PD 患者のうち，舌圧部分欠失，舌圧完全欠失，順序性の乱れという嚥下時の舌の接触様相に異常が観察される被験者は約半数の 16 名であった．さらに，これらの舌圧発現の異常パターンは PD［嚥下障害なし］群 16 名の 31.3%にあたる 5 名， PD［嚥下障害あり］群 14 名の 78.6%にあたる 11 名に観察され，嚥下障害ありと判定される PD 患者において高率に嚥下時舌運動の異常が観察された．一方で，これらの舌圧発現異常パターンは健常群においては観察されなかった．PD 患者の個々の嚥下時舌圧波形を観察すると，健常者では差のみられない左右後方周縁部の舌圧に大きな差や，左右一方の後方周縁部のみに舌圧発現がみられるなどの左右不均等な嚥下時の舌接触がみられた．Hirota らは，脳血管疾患患者において麻痺側の舌圧が非麻痺側と比較して有意に低い嚥下時最大舌圧値を示すことを報告している．しかしながら，本研究における PD 患者の左右不均等な舌接触は PD 患者の運動症状の左右差と必ずしも一致しなかった．これは，PD の運動障害が左右差をもって現れるも

のの，舌全体の可動域の低下および筋力の低下が生じ，脳血管疾患ほど運動障害の左右差が顕著に現れないためであると考えられる．PD 患者は嚥下時に，口腔期の食塊移送障害に対応するため正常な嚥下時舌運動とは異なる舌運動を行っていると考えられ，嚥下時舌圧異常パターンや，全身の運動障害と一致しない左右不均等な舌接触は，VF による観察的報告におけるポンプ状舌運動や嚥下のためらいと呼ばれる所見に現れていることが考えられる．PD 患者においては，舌圧発現の低下の背景として，嚥下時舌運動不全が生じており，嚥下障害の顕在化と密接に関連していることが示された．

健常者の口腔期嚥下においては，嚥下が誘発される直前，舌尖は硬口蓋前方部に押し付けられ，舌側縁部は口蓋周縁部に向かって挙上されることでスプーン状の窪みを作り，食塊を舌背上に保持し[32]舌と口蓋の接触による嚥下圧産生で食塊は咽頭方向に移送される．Ono ら[33]，Tamine ら[34]は健常者の水嚥下時の硬口蓋部舌圧発現様相について調べ，舌圧最大値，舌圧持続時間，舌圧発現のタイミングは左右の後方周縁部の感圧点の間で差はないことを報告している．また，加藤ら[35]は超音波画像診断で構音時の舌運動を観察し，舌側縁部の動きに左右差はないと報告している．

PD 患者の嚥下口腔期については，VF によるいくつかの観察研究がある．Leopold と Kagel[36]は PD 患者 72 症例を対象に嚥下口腔期の異常の出現率と重症度との関係を調べ，食塊の搬送の遅れ，搬送時の食塊の分裂，搬送の未熟，咽頭早期流入，調和を欠いた搬送など多くの異常が高い頻度で見られ，それらは病期の軽度・中等度群と比較して重症群においてより高い率で見られることを報告している．また，Lin ら[37]は VF 画像から，嚥下障害のある PD 患者は嚥下障害のない PD 患者と比較して口腔咽頭通

過時間が有意に延長することを報告している．さらに，Umemoto ら[31]は VF 画像を使用し PD 患者の嚥下時の口腔咽頭通過時間および舌運動速度を評価しており，観察される結果として，口腔咽頭通過時間が軽度・中等度群が重症群より短いこと，口腔咽頭通過時間と舌運動速度には負の相関が見られることを報告している．これらの所見の背景となる嚥下時舌運動そのものを評価した先行研究としては，舌背正中部に磁石を貼付し PD 患者の液体試料嚥下時の舌運動を電磁的に捕捉した Van Lieshout ら[38]の報告のみであり，PD 患者は健常者と比較して嚥下時舌運動が小さくなり，また多様な運動をすることを報告している．したがって，今回の PD 患者の嚥下時舌圧測定において観察された舌圧異常パターンは，過去のこれらの VF 所見の背景としてバイオメカニカルな観点から新たな知見となるものと考えられる．

本研究において，複数回嚥下の所見が健常群において 20 名中 6 名に観察されたのに対し，PD 群においては 30 名中 24 名と高い割合で観察された．複数回嚥下が見られなかった 6 名は，いずれも PD［嚥下障害なし］群の患者であった．この結果は過去の PD 患者の複数回嚥下についての報告とも一致しており，複数回嚥下は，PD 患者において健常者と比較して高率に見られる嚥下時の特徴であるとされ，Nagaya ら[7]は複数回嚥下・分割嚥下は健常者と比較し PD 患者において高い頻度で観察され，嚥下障害ありの PD 患者の場合さらに高い頻度で嚥下障害なしの場合と比較し観察されると報告している．この複数回嚥下が起こる原因として，Belo ら[39]は，PD 患者において一度に嚥下できる量が減少することを報告しており，咽頭期の予備力低下のため複数回嚥下が生じていると考察している．今回の研究結果からの考察として，嚥下時舌圧最大値の低下，および舌圧

の欠失や順序性の乱れという舌圧発現異常パターンにあらわれている舌の可動域や巧緻性の低下が原因となり口腔・咽頭残留が生じ，その結果として複数回嚥下が生じていると考えられる．

臨床への展望

現在，PD 患者の QOL の維持と生命予後の観点から嚥下障害はますます重要視されている．臨床現場においては，嚥下障害のスクリーニングテストや，誤嚥の有無を確定診断する VF 検査が行われているが，PD 患者の嚥下機能を継続的・段階的に評価しながら，その結果に基づいた投薬治療やリハビリテーションの計画の検討などは行われてきていない．この点に関して，舌圧測定という定量的な嚥下機能評価を行った本研究の結果には，実際の PD 臨床に直結する様々な知見が見出されると考えられる．考察でも述べたように，嚥下障害の自覚症状の有無に関わらず嚥下時舌運動の異常が検出できることは，嚥下障害の早期発見と早期対応という観点から、舌圧測定の有用性を示すものである．

PD の進行に伴う嚥下障害の顕在化に対しては，食形態の調整や一口量の調整，代償的嚥下法の適用がリハビリテーションの場で広く行われている．Logemann ら[40]は，PD 患者に対して VF を用いて，蜂蜜状のとろみ付与，ネクター状のとろみ付与，Chin-down 姿勢における代償的嚥下法の順に誤嚥予防に対して効果が見られたと報告している．加えて，Manor ら[41]は VE を使用し，反復努力性嚥下法が PD 患者の喉頭侵入を予防することに効果的な代償的嚥下法であることを報告している．

Hori ら[42]は Chin-down 姿勢における，Fukuoka ら[43]は努力性嚥下法における嚥下時舌圧を Swallow scan system を用いて計測しており，通常嚥下と比較

し，いずれの代償的嚥下法も嚥下時舌圧最大値を増大させることを示している．以上のことから，PD 患者の嚥下障害の一因が舌圧の低下にあることを示唆した本研究の結果は，これらの代償的嚥下法を適用する上での根拠となると考えられる．さらに今回の結果より，嚥下障害のある PD 患者において口蓋前方部および中央部の舌圧低下がみられたことから，舌尖部によるアンカー強調嚥下や，低下する嚥下時舌圧を補償する目的での舌接触補助床の適用は，前方部の舌圧を確保しつつ嚥下することが可能となり PD 患者の嚥下障害に対して有効である可能性が示唆される．

総括ならびに結論

本研究は，嚥下時に産生される舌圧を指標として PD 患者の嚥下時舌運動を定量的に評価するとともに，嚥下障害との関係を明らかにすることを目的として健常被験者と PD 患者を対象とした実験を行い，以下の知見を得た．

1. 舌圧センサシートシステムを用いて測定した PD 患者の嚥下時舌圧最大値は，嚥下障害の有無に関わらず，健常者よりも低下しており，嚥下障害がある場合，口蓋前方部と中央部においてさらに低下していた．

2. 全身的重症度が高い場合，口蓋中央部における舌圧が，重症度の低い患者より低下していた．

3. 口蓋前方部と中央部における嚥下時舌圧最大値の低下は，口腔期だけでなく咽頭期の嚥下障害とも関連していた．

4. 健常者では観察されない嚥下時舌圧発現における異常パターン（舌圧部分欠失，舌圧完全欠失，順序性の乱れ）は，PD 患者において嚥下障害がある場合，嚥下障害がない場合と比べて高率にみられた．

5. 複数回嚥下は，健常者，嚥下障害のない PD 患者，嚥下障害のある PD 患者の順に発現頻度が高かった．

これらの結果は，PD 患者の嚥下障害の早期発見における舌圧測定の有用性と，PD 治療薬の調整や，リハビリテーション法選択の根拠となる可能性を示唆するものと考えられる．

謝辞

稿を終えるにあたり，本研究を行う機会を与えて頂き，かつ終始変わらぬ御指導，御高閲を賜りました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座 有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野 前田芳信教授に深甚なる感謝の意を表します．また懇篤なる御指導ならびに御助言を賜りました本研究共同研究者の大阪大学大学院医学系研究科内科系臨床医学専攻情報統合医学講座神経内科学望月秀樹教授，横江勝先生，小仲邦先生，三原雅史先生ならびに国立病院機構刀根山病院病院長佐古田三郎先生に深甚なる感謝の意を表します．

本研究課題を遂行するにあたり，終始懇切なる御指導を賜りました新潟大学医歯学総合研究科包括歯科補綴学分野 小野高裕教授に心から感謝致

します.

最後に，本研究に際し，終始御理解と御協力を頂きました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座 有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野教室員各位に心から御礼申し上げます.

文献

1） 「パーキンソン病治療ガイドライン」作成委員会，高橋良輔．パーキンソン病治療ガイドライン　2011．1 版．医学書院．東京．2011

2） de Lau LM，Giesbergen PC，de Rijk MC，Hofman A，Koudstaal PJ，Breteler MM．Incidence of parkinsonism and Parkinson disease in a general population: : the Rotterdam Study．*Neurology.* 2004;**63**:1240-4

3） Leopold NA，Kagel MC．Pharyngo-Esophageal Dysphagia in Parkinson's Disease．*Dysphagia.* 1997;**12**:11-18.

4） Edwards LL, Quigley EM，Harned RK，Hofman R，Pfeiffer RF. Characterization of swallowing and defecation in Parkinson's disease. *Am J Gastroenterol.* 1994;**89**:15-25.

5） Nakashima K，Maeda M，Tabata M，Adachi Y，Kusumi M，Ohshiro H. Prognosis of Parkinson's disease in Japan. Tottori University Parkinson's Disease Epidemiology (TUPDE) Study Group. *Eur Neurol.* 1997;**38**:60-63.

6） Ali GN，Wallace KL，Schwartz R，DeCarle DJ，Zagami AS，Cook IJ．Mechanisms of Oral-Pharyngeal Dysphagia in Patients With Parkinson's Disease．*Gasteroenterology.*　1996;**110**:383-392.

7） Nagaya M，Kachi T，Yamada T，Igata A.　Videofluorographic Study of

Swallowing in Parkinson's Disease. *Dysphagia*. 1998;**13**:95-100.

8) Ono T, Hori K, Tamine K, Maeda Y. Evaluation of tongue motor biomechanics during swallowing from oral feeding models to quantitative sensing methods. *Japanese Dental Science Review.* 2009;**45**:65-74.

9) Palmer JB, Hiiemae KM. Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: A new model for the physiology of swallowing. *Japanese J Dysphagia Rehabil*. 1997;**1**:15-30.

10) Shaker R, Cook IJ, Dodds WJ, Hogan WJ. Pressure-flow dynamics of the oral phase of swallowing. *Dysphagia.* 1988;**3**:79-84.

11) Hirota N, Konaka K, Ono T, Tamine K, Kondo J, Hori K, Yoshimuta Y, Maeda Y, Sakoda S, Naritomi H. Reduced tongue pressure against the hard palate on the paralyzed side during swallowing predicts dysphagia in patients with acute stroke. *Stroke.* 2010;**41**:2982-2984.

12) Konaka K, Kondo J, Hirota N, Tamine K, Hori K, Ono T, Maeda Y, Sakoda S, Naritomi H. Relationship between tongue pressure and dysphagia in stroke patients. *Eur Neurol.* 2010;**64**:101-107.

13) Hori K, Ono T, Iwata H, Nokubi T, Kumakura I. Tongue pressure against hard palate during swallowing in post-stroke patients. *Gerodontology.*

2005;**22**:227-233.

14) Hamanaka-Kondoh S, Kondoh J, Tamine K, Hori K, Fujiwara S, Maeda Y, Matsumura T, Yasui K, Fujimura H, Sakoda S, Ono T. Tongue pressure during swallowing is decreased in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord.* 2014;**82**:255-62.

15) Hashimoto M, Igari K, Hanawa S, Ito A, Takahashi A, Ishida N, Koyama S, Ono T, Sasaki K.. *Dysphagia.* 2014;**29:**509-18.

16) Hori K, Ono T, Tamine K, Kondo J, Hamanaka S, Maeda Y, Dong J, Hatuda M.. Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure during swallowing. *J Prosthodont Res.* 2009;**5**:28-32.

17) Hoehn M, Yahr M. Parkinsonism：onset, progression and mortality. *Neurology.* 1967;**17**:427-42.

18) Manor Y, Giladi N, Cohen A, Fliss DM, Cohen JT. Validation of a Swallowing Disturbance Questionnaire for Detecting Dysphagia in Patients with Parkinson's Disease. *Mov Disord.* 2007;**22**:1917-21.

19) Yamamoto T, Ikeda K, Usui H, Miyamoto M, Murata M. Validation of the Japanese translation of the Swallowing Disturbance Questionnaire in Parkinson's disease patients. *Qual Life Res.* 2012;**21**:1299-1303.

20) Li Q, Hori K, Minagi Y, Ono T, Chen YJ, Kondo J, Fujiwara S, Tamine K, Hayashi H, Inoue M, Maeda Y. Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure during swallowing. *PLoS One.* 2013;**8**:e70850.

21) Shaker R, Cook I, Dodds W, Hogan W. Pressure-flow dynamics of the oral phase of swallowing. *Dysphagia.* 1988;**3**:79-84.

22) Robbins J, Levine R, Wood J, Roecker EB, Luschei E. Age effects on lingual pressure generation as a risk factor for dysphagia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995;**50**:257-262.

23) Crow HC, Ship JA. Tongue strength and endurance in different aged individuals. *Gerontol A Biol Sci Med.* 1996;**51**:247-250.

24) Youmans SR, Stierwalt JA. Measures of tongue function related to normal swallowing. *Dysphagia.* 2006;**21**:102-111.

25) Nicosia MA, Hind JA, Roecker EB, Carnes M, Doyle J, Dengel GA, Robbins J. Age effects on the temporal evolution of isometric and swallowing pressure. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;**55**:634 - 640.

26) Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, Yoshida M, Sato Y, Akagawa Y. A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int J Prosthodont.* 2002;**15**:385-388.

27) Nagao K, Kitaoka N, Kawano F, Komoda J, Ichikawa T. Influence of changes in occlusal vertical dimension on tongue pressure to palate during swallowing. *Prosthodont Res Pract.* 2002;**1**:16-23.

28) Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y. Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed disposable tongue pressure measurement device. *Dysphagia.* 2008;**23**:286-290.

29) Hewitt A, Hind J, Kays S, Nicosia M, Doyle J, Tompkins W, Gangnon R , Robbins J . Standardized instrument for lingual pressure measurement. *Dysphagia.* 2008;**23**:16-25.

30) Dejaeger E, Pelemans W, Ponette E, Joosten E. Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure during swallowing. *Dysphagia.* 1997;**12**:63-7.

31) Umemoto G, Tsuboi Y, Kitashima A, Furuya H, Kikuta T. Impaired food transportation in Parkinson's disease related to lingual bradykinesia. *Dysphagia.* 2011;**26**:250-5.

32) 山田好秋. 嚥下を制御する神経機構. *新潟歯学会誌.* 1999;**29**:1-9.

33) Ono T, Hori K, Nokubi T. Pattern of tongue pressure on hard palate

during swallowing. *Dysphagia.* 2004;**19**:259-64.

34) Tamine K, Ono T, Hori K, Kondoh J, Hamanaka S, Maeda Y. Age-related changes in tongue pressure during swallowing. *J Dent Res.* 2010;**89**:1097-101.

35) 加藤 正子, 大塚 義顕, 向井 美惠, 今富 摂子, 木村 智江, 出世 富久子. 超音波前額断規格撮影法による側音化構音の観察. *音声言語医学* .

36) Leopold NA, Kagel MC. Prepharyngeal dysphagia in Parkinson's disease. *Dysphagia*. 1996;**11**:14-22.

37) Lin CW, Chang YC, Chen WS, Chang K, Chang HY, Wang TG. Prolonged swallowing time in dysphagic Parkinsonism patients with aspiration pneumonia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;**93**:2080-4.

38) Van Lieshout PH, Steele CM, Lang AE. Tongue control for swallowing in Parkinson's disease: effects of age, rate, and stimulus consistency. *Mov Disord.* 2011;**26**:1725-9.

39) Belo LR, Gomes NA, Coriolano Md, de Souza ES, Moura DA, Asano AG, Lins OG. The relationship between limit of Dysphagia and average volume per swallow in patients with Parkinson's disease. *Dysphagia.* 2014;**29**:419-24.

40) Logemann JA, Gensler G, Robbins J, Lindblad AS, Brandt D, Hind JA, Kosek S, Dikeman K, Kazandjian M, Gramigna GD, Lundy D, McGarvey-Toler S, Miller Gardner PJ. A randomized study of three interventions for aspiration of thin liquids in patients with dementia or Parkinson's disease. *J Speech Lang Hear Res.* 2008,**51**:173-83.

41) Manor Y, Mootanah R, Freud D, Giladi N, Cohen JT. Video-assisted swallowing therapy for patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2013;**19**:207-11.

42) Hori K, Tamine K, Barbezat C, Maeda Y, Yamori M, Müller F, Ono T. Influence of chin-down posture on tongue pressure during dry swallow and bolus swallows in healthy subjects. *Dysphagia*. 2011;**26**:238-45.

43) Fukuoka T, Ono T, Hori K, Tamine K, Nozaki S, Shimada K, Yamamoto N, Fukuda Y, Domen K. Effect of the effortful swallow and the Mendelsohn maneuver on tongue pressure production against the hard palate. *Dysphagia.* 2013;**28**:539-47.

表1. PD被験者の性別、年齢、H&Y分類、および罹病期間

患者番号	性別	計測時年齢（歳）	H&Y分類	罹病期間(年)	嚥下障害の有無
1	F	73	Ⅳ	17	
2	M	66	Ⅳ	17	
3	M	72	Ⅳ	16	＋
4	F	67	Ⅳ	16	＋
5	M	72	Ⅳ	13	＋
6	M	58	Ⅳ	13	＋
7	M	81	Ⅳ	6	＋
8	M	59	Ⅲ	11	
9	F	79	Ⅲ	16	＋
10	F	70	Ⅲ	9	
11	F	81	Ⅲ	9	
12	M	75	Ⅲ	7	＋
13	M	74	Ⅲ	6	
14	M	71	Ⅲ	6	＋
15	F	75	Ⅲ	6	
16	F	56	Ⅲ	6	
17	F	64	Ⅲ	5	
18	F	71	Ⅲ	5	＋
19	F	72	Ⅲ	5	
20	M	76	Ⅲ	5	＋
21	F	57	Ⅲ	21	＋
22	F	68	Ⅲ	4	＋
23	M	60	Ⅱ	3	＋
24	F	66	Ⅱ	6	
25	F	66	Ⅱ	4	
26	M	73	Ⅱ	3	
27	M	77	Ⅱ	2	＋
28	F	61	Ⅱ	2	
29	F	75	Ⅱ	2	
30	M	66	Ⅱ	2	

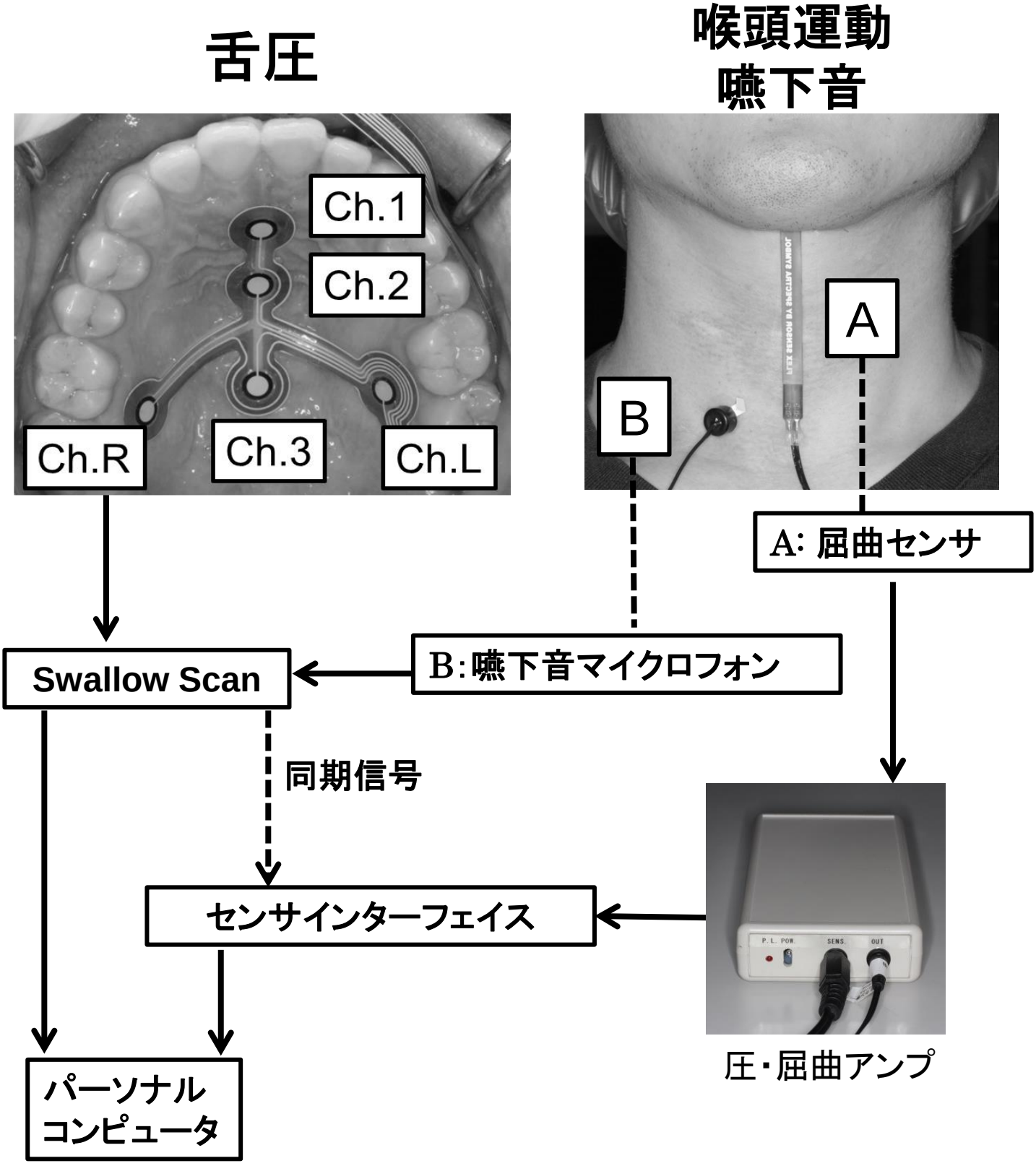
表2. 嚥下障害質問表

（Swallowing Disturbance Questionnaire : SDQ-J）

	質問	ない	まれに (月1回以下)	しばしば (週1回～7回)	よくある (週7回以上)
1	りんごやクッキーやせんべいのような固いものを咬みにくいと感じますか？				
2	飲み込んだ後、口の中、歯ぐきと頬の間、舌の裏に食べ物が残ったり、 上顎部分に食べ物が張り付くことがありますか？				
3	食べたり飲んだりするとき、食べ物や水分が鼻から出てくることがありますか？				
4	噛んでいる食べ物が口から出てくることがありますか？				
5	口の中に唾液が多いと思いますか？ 口からよだれがたれたり唾液が多いと感じますか？				
6	噛んだ食べ物が喉を通過するとき、数回飲み込みを繰り返しますか？				
7	硬い食べ物を飲み込みにくいですか？ （りんごやせんべいが喉に詰まる感じがしますか？）				
8	すりつぶした食べ物を飲み込みにくいですか？				
9	食べているとき食べ物のかたまりがのどにつまるような感じがありますか？				
10	水分を飲み込むときに咳き込みますか？				
11	硬い食べ物を食べるときに咳き込みますか？				
12	食べたり飲んだりした直後に声がしゃがれたり、 小さくなったり、声が変わりますか？				
13	食事以外のときに気管に唾液が垂れ込み、咳き込んだり、 呼吸がしにくいことがありますか？				
14	食事中呼吸がしにくくなることがありますか？				
15	ここ1年で呼吸器感染症(肺炎、気管支炎)をわずらったことがありますか？	いいえ		はい	

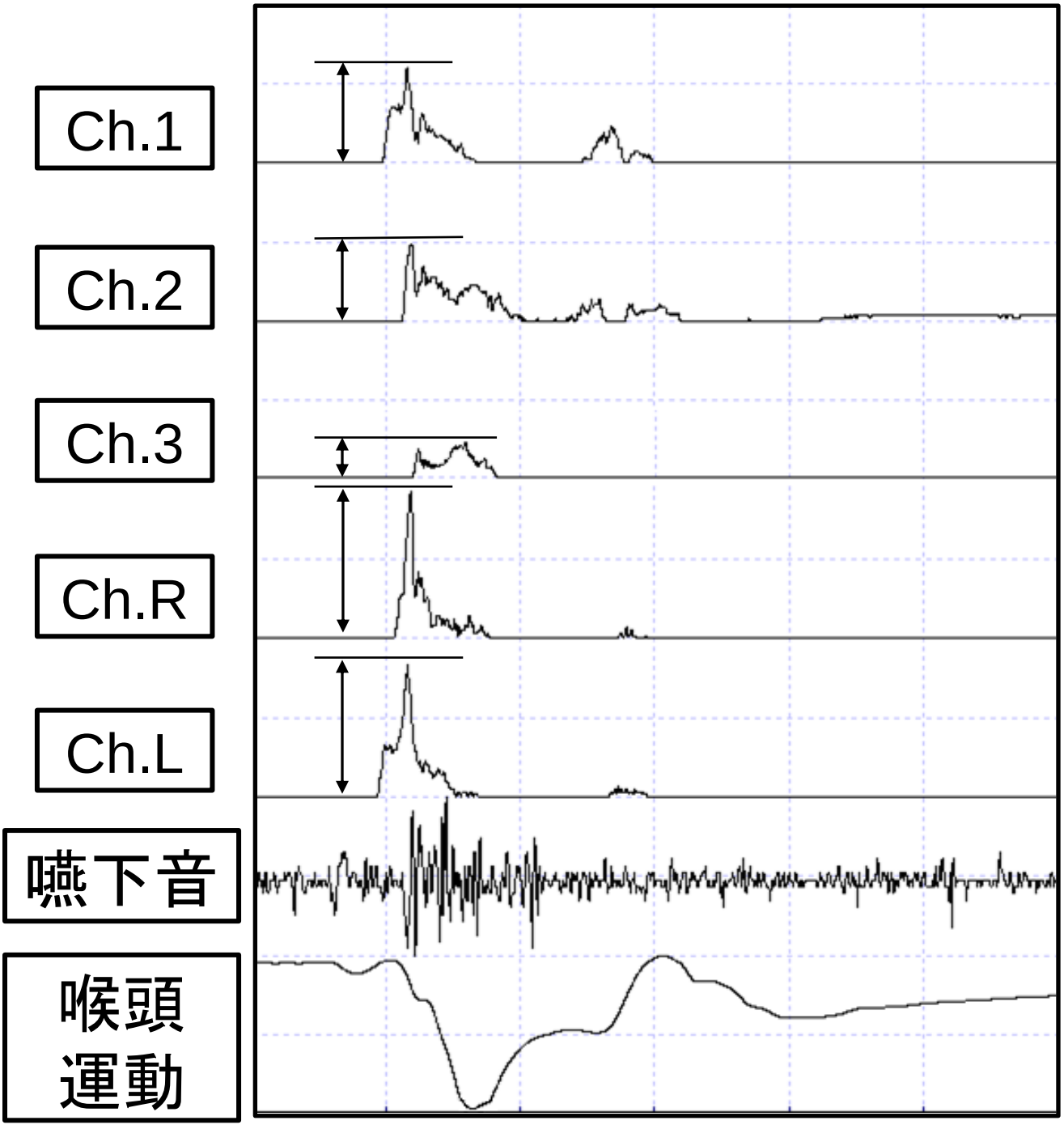
問1-14に関しては，ない：0点，まれに：1点，しばしば：2点，よくある：3点とし，問15に関しては，いいえ0.5点，はい2.5点　と評価する．評価点の合計（SDQ-J Score）が11点以上であった場合嚥下障害と判定する．問1-5の評価点の合計（SDQ-J oral phase Score）と，問6-15の評価点の合計（SDQ-J pharyngeal phase Score ）はそれぞれ，口腔期および咽頭期嚥下障害の指標となる．

図1　測定システムの構成



舌圧および嚥下音のデータはSwallow Scanを介して，喉頭運動センサから得られるデータは圧・屈曲アンプを用いて増幅後，センサインターフェイスを介してパーソナルコンピュータに入力され，1試行につき1つのCSVファイルとして保存した．計測開始の際，Swallow Scanから同期信号を出力し，両データの計測を同期させた．

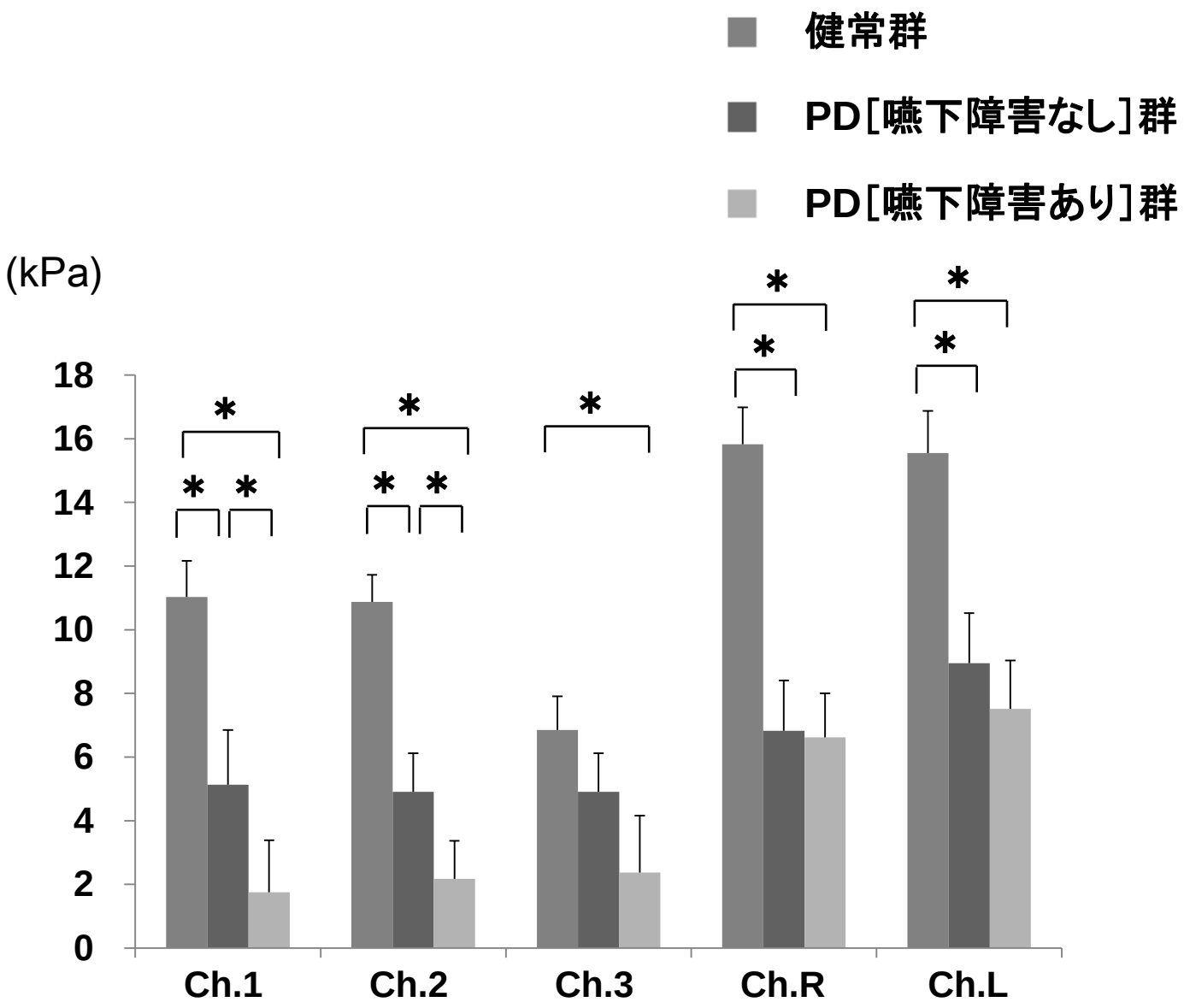
図2　舌圧･嚥下音･喉頭運動データの分析(健常高齢者波形例)



嚥下音および喉頭運動波形より計測データ内で1回目の嚥下運動を舌圧分析の対象とし，各感圧部位において舌圧最大値（矢印）を算出した．舌圧最大値は舌圧の発現時から消失時までの間に発現した舌圧の最大値とした．また、Ch.1,2,3のonsetより舌圧発現の順序性を評価した．健常高齢者例では舌圧発現の順序性は前方よりCh.1,Ch2,Ch3の順に発現する．

図3　健常群、PD［嚥下障害なし］群，PD［嚥下障害あり］群間の各感圧部位の嚥下時舌圧最大値の比較

（ANOVA ,turkey test post hoc）

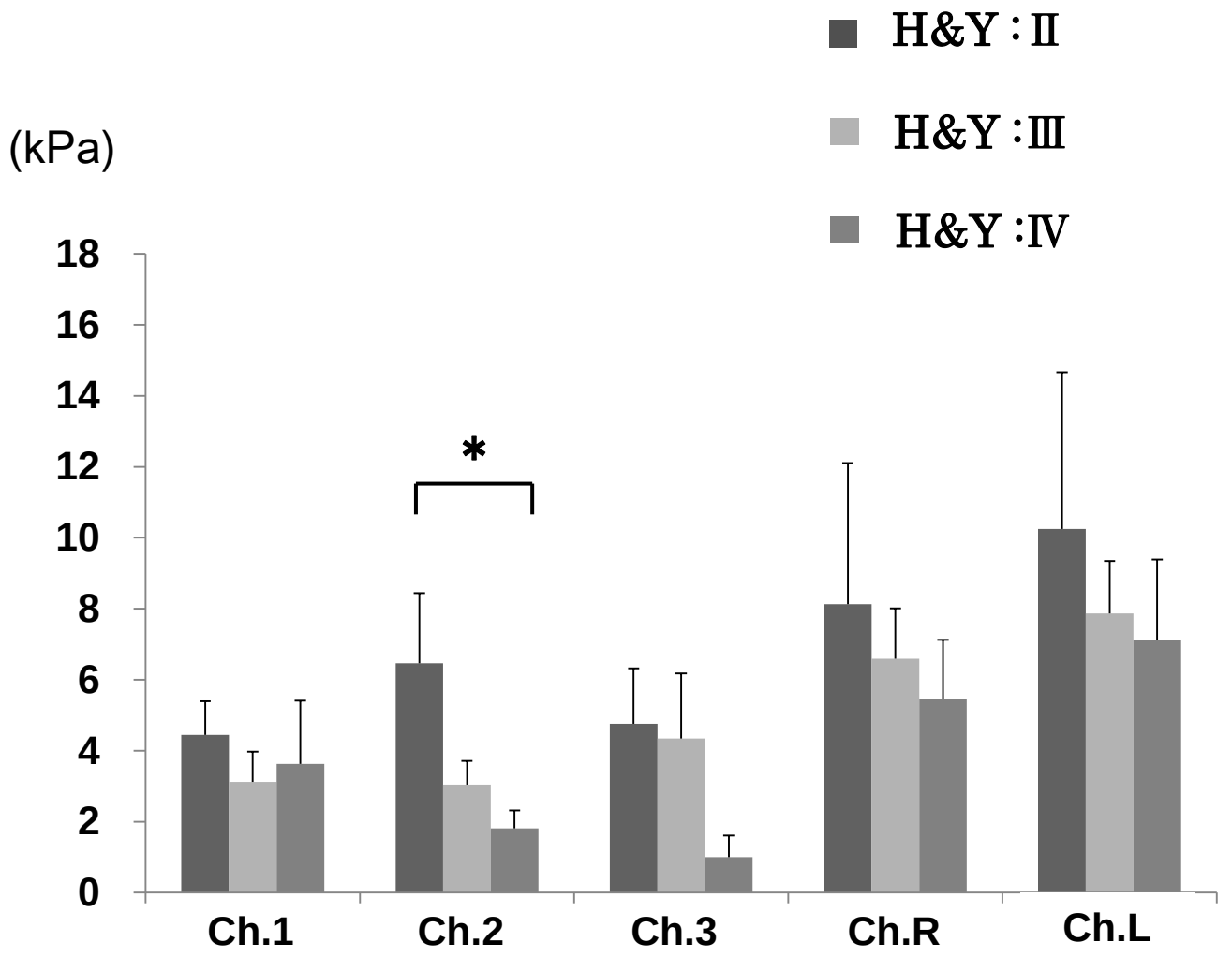


（バー：標準誤差）

＊：p ＜0.05

図4　PDの全身的重症度分類別の各感圧部位の嚥下時舌圧最大値の比較

（ANOVA ,turkey test post hoc）



（バー：標準誤差）

＊：p ＜0.05

表3. 各Ch.における嚥下時最大舌圧値とSDQ-J Score, SDQ-J oral phase score, SDQ-J pharyngeal phase Scoreとの間の関係

(Speaman correlation coefficient)

	SDQ-J score		SDQ-J oral phase score		SDQ-J pharyngeal phase score	
	r	p	r	p	r	p
Ch.1	-0.377*	0.048	-0.374	0.050	-0.456*	0.015
Ch.2	-0.538**	0.004	-0.572**	0.001	-0.576**	0.001
Ch.3	-0.366	0.056	-0.339	0.077	-0.397	0.063
Ch.4	-0.082	0.679	-0.090	0.649	-0.107	0.588
Ch.5	-0.300	0.121	-0.225	0.250	-0.311	0.107

r:相関係数

p:有意確率

*: $p < 0.05$

**: $p < 0.01$

表4. 嚥下時舌圧発現異常パターン発生頻度

異常所見	健常高齢者群 n=20(%)	PD群 n=30(%)	PD [嚥下障害なし]群 n=16(%)	PD [嚥下障害あり]群 n=14(%)
舌圧部分欠失	0 (0)	8 (26.7)	2 (12.5)	6 (42.9)
舌圧完全欠失	0 (0)	2 (6.6)	0 (0)	2 (13.0)
順序性の乱れ	0 (0)	6 (20.0)	3 (18.6)	3 (21.4)
複数回嚥下	6 (30.0)	24 (80.0)	10 (62.5)	14 (100.0)

n(%)

舌圧部分欠失:嚥下時にいずれかの感圧部位において口蓋と舌の接触が検出されない場合

舌圧完全欠失:嚥下時にすべての感圧部位において口蓋と舌の接触が検出されない場合

順序性の乱れ: Ch.1,2,3に接触のある被験者のなかで，口蓋正中部（Ch.1,2,3）の舌圧のOnsetが前方から後方に向かってCh.1，2，3の順に発現していない場合

複数回嚥下　:舌圧の発現，嚥下音および喉頭運動波形から，1試行にて嚥下運動が複数回観察された場合