

学位論文

顎運動時に起こる外耳道のひずみと下顎頭運動の
相関関係

祁 君容

大学院歯学独立研究科 顎口腔機能制御学講座
(主指導教員: 倉澤郁文 教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士(歯学)学位申請論文

Cross-correlation between mandibular condylar movements
and distortion of external auditory meatus

JunRong Qi

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral Medicine
(Chief Academic Advisor : Professor Ikufumi Kurasawa)

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University, for the degree Ph.D. (in Dentistry)

【目的】

ヒトの日常的な行動において営まれる咀嚼や発音などの口腔機能に顎関節は重要な役割を果たしている。下顎頭運動を含む顎関節の状態を知ることは、歯科臨床においても患者の症状の分析、診断、さらに治療方針の作成にとって重要な参考要因となる。このようなことを考慮に入れると、下顎頭の運動の検査を日常的に行う必要がある。現在、下顎頭運動を調べる顎運動記録方法には主に光学的な方式と磁気を用いた方式がある。しかし、いずれも煩雑で、短時間で測定できなく、簡便な方法とはいえない難いである。

一方、解剖学的見地から見ると、下顎頭と外耳道の関係は非常に緊密で、顎運動時の下顎頭の動きは外耳道をわずかながら変形させる。顎運動時に起こる外耳道のひずみを記録することができれば、下顎頭の動きを推定できると考えられる。

本研究では、気圧計を用いて、外耳道のひずみを記録した波形から顎運動を推定するために、まず単純な下顎運動中に、下顎頭運動と顎運動時に起こる外耳道のひずみとの間の相関関係を明らかにし（実験1）、次に下顎頭運動の特徴を外耳道のひずみの波形から推定できるかどうかを調べる（実験2）ことを目的とした。

【方法】

実験1：松本歯科大学付属病院の歯科医師、男性14名、女性2名（平均年齢29.6歳）を被験者とした。被験者に開閉口運動、側方運動およびガム咀嚼をおこなわせ、気圧計圧センサーと耳栓・イヤータップを組み合わせ、密封状態になる記録センサーと6自由度歯科用下顎運動測定器を用いて左外耳道のひずみと左側下顎頭運動を同時に記録した。記録された左側外耳道のひずみと左側下顎頭運動の各方向成分のそれぞれをデジタル化し、波形分析ソフトウェアに取り込んだ。連続的に安定した顎運動10サイクル分を分析対象とした。開閉口運動、側方運動およびガム咀嚼運動、において左側の外耳道のひずみの波形と左側下顎頭運動の各方向成分の波形との相関性を相互相関関数によって分析した。

実験 2 : 松本歯科大学附属病院の歯科医師、男性 12 名（平均年齢 29.8 歳）を被験者とした。実験 1 と同じ記録装置で左右外耳道のひずみと下顎頭運動を同時に記録した。下顎頭運動時に左右両側の下顎頭自身の前後方向成分の波形と上下方向成分の波形との間の相互相関関数値によって被験者を滑走運動良好群と滑走運動不良群、これら2つ群に分類した。そして、この2群の開閉口運動およびガム咀嚼運動のそれぞれの左右外耳道ひずみの相互相関関数を検討した。

【結果】

実験 1 の結果 :

記録された外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向の変化は一致したサイクルを示した。開閉口運動時に外耳道のひずみと同側下顎頭運動各方向成分との間の相互相関関数の絶対値はいずれにも高い相関が認められた。

側方運動時とガム咀嚼運動時に、いずれも下顎頭が作業側あるいは平衡側になった時の比較を行うと、外耳道のひずみの前後方向および上下方向の成分との間の相互相関関数は平衡側になった時の方が有意に大きかった。さらに平衡側になった時には、外耳道ひずみと前後、上下方向成分との間の相関関数が左右方向との相関関数より有意に大きかった。

実験 2 の結果 :

ガム咀嚼時にはどちらが作業側になるかに関わらず、左右外耳道ひずみの間の相互相関関数値（絶対値）は滑走運動良好群は滑走運動不良群に比べて、有意に大きかった。

【結論】

本研究の結果から外耳道のひずみの変化は下顎頭運動の各方向と一致したサイクルを示した。顎運動時に外耳道のひずみが下顎頭運動の前後および上下方向から強い影響を受けるということが分かった。さらに、本研究の結果から外耳道のひずみを記録するのみで、下顎頭運動のスムーズさを調べるための簡便なスクリーニングテストとなり得る可能性が示された。

緒言

ヒトの日常的な行動において営まれる咀嚼や発音などの口腔機能に顎関節は重要な役割を果たしている。このために歯科医学において、顎関節の機能に関する知識は大変重要である。これまで、顎関節内における下顎頭の運動について多くの報告がある¹⁻⁸⁾。下顎頭運動を含む顎関節の状態を知ることは、歯科臨床においても患者の症状の分析、診断、さらに治療方針の作成にとって重要な参考要因となる。また、顎顔面領域の疼痛の原因が歯ではなく⁹⁻¹⁴⁾、顎関節症の可能性も考えられる¹⁵⁾。このようなことを考慮に入れると、下顎頭の運動の検査を日常的に行う必要がある。現在、歯科臨床初診検査項目中に顎関節の検査は含まれていないが、その理由として顎関節の検査装置が煩雑であり、短時間で測定できなく、運用コストが高く、患者に負担を掛けるなどが挙げられる。過去に、顎関節内の状況の診断のために開閉口運動時の下顎頭運動軌跡の長さや安定性など、多くの項目が観察されている^{1,2,3,16)}が、それらの解釈は非常に複雑である。一方、一部の歯科医療機関は患者の下顎頭運動の状態に対してアンケートを実施しているが、その中には偽陽性および偽陰性の結果も多く認められると報告されている¹⁷⁾。したがって、簡便な下顎頭運動の検査法を開発することが必要だと考える。

現在、下顎頭運動を調べることができる6自由度顎運動記録方法には主に光学的な方式¹⁸⁾と磁気を用いた方式^{19,20)}がある。光学方式の場合、測定範囲が制限されるので、自由な頭位での測定が不可能である。磁気方式では、光学方式のように測定範囲に制限がなく、自由な頭位での測定が可能でデータ収集の成功率も優れるが、金属やコイルの接近などの測定環境に留意しなければならないので、専用の実験室が必要である²¹⁾。いずれも煩雑で、簡便な方法とはいえない。さらに、両者ともに口腔内に記録装置を装着するため、口腔内諸組織、歯、歯肉、口腔粘膜など多数の受容器に機械的な刺激を与えることによって自然な顎運動を記録できるとは言えない^{22,23,24)}。

一方、解剖学的見地から見ると、下顎頭と外耳道の関係は非常に緊密で、指を外耳道に挿入して下顎を動かすと外耳道壁の軟組織を介して下顎頭の動きがよく触知できる。顎運動時の下顎頭の動きは外耳道をわずかながら変

形させる²⁵⁾。顎運動時に起こる外耳道のひずみを記録することができれば、下顎頭の動きを推定できると考えられる。

古くは、水圧器を用いて外耳道の容積の変化から下顎頭の動きを間接的に記録する方法があった²⁶⁾。その後、板バネと接続した黄銅の半球体を外耳道前壁に装着して、顎運動時に外耳道のひずみの変化によって顎運動を記録する方法も報告された²⁷⁾。しかし、これらの方法のいずれも、被験者の頭部を固定する上、大きな装置を頭部に装着するなど煩雑で、自然な顎運動を反映する性能も低いと考えられる。

そこで、本研究は下顎頭運動を記録する方法として、下顎頭運動時にみられる外耳道のひずみを気圧計を用いて感知できるイヤホン型のセンサーを作製し、簡便に顎運動を記録できる方法を試みた。

本研究では、気圧計を用いて、外耳道のひずみを記録した波形から顎運動を推定するために、まず単純な下顎運動中に、下顎頭運動と顎運動時に起こる外耳道のひずみとの間の相関関係を明らかにし、次に下顎頭運動の特徴を外耳道のひずみの波形から推定できるかどうかを調べることを目的とした。

本研究では 1.顎運動時に起こる外耳道のひずみと同側下顎頭運動の前後方向成分、左右方向成分、上下方向成分との間のそれぞれの相互相関関係と、2.外耳道のひずみから見た下顎頭運動の特徴の検討、の2つの実験を行った。

実験材料及び方法

本実験は松本歯科大学研究等倫理審査委員会の承認(許可番号:168号)を得て行った。

実験 1:外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向成分との間の相互相関関係

被験者:

被験者は松本歯科大学付属病院の歯科医師、男性 14 名、女性 2 名(平

均年齢 29.6 歳)で、研究の内容を理解し同意した者とした。第三大臼歯以外の歯の欠損を持つ者、顎口腔領域に疼痛や機能障害を持つ者を除外した。すべての被験者には自覚的な顎関節症の症状は認められなかった。すべての被験者は日常生活に障害になる咬合状態を持っていない。

外耳道のひずみの記録：

気圧計(ゲージ圧センサー、2SMPP-02、OMRON 社製)と耳栓・イヤーチップを組み合わせ、密封状態になる記録センサーを製作した。下顎頭運動時に起こる外耳道のひずみによってセンサー内の圧力も同時に変化する(図1)。

下顎頭運動の記録：

下顎頭運動は 6 自由度歯科用下顎運動測定器(MM-J2、松風社製)を用いて記録した。被験者の上顎、下顎前歯部歯列に適合するシーネを製作し、歯列に取り付けた。これらのシーネをベースとして、上顎および下顎にフェイスボウを取り付けた。被験者の顔から約 30cm 前方にセンサーボックスの中央が来るように設置した。上顎および下顎フェイスボウに 3 個ずつ取り付けられた LED から発光された光をセンサーボックスに備えられた 2 個の PSD(Position Sensitive Detector)センサーで受光し、上顎に対する下顎の相対運動として下顎運動を算出した(図2)。下顎頭の運動は下顎頭の位置に相当する後方基準点で記録された。また、算出されたデジタルデータ(サンプリングクロック 100 Hz)はコンピュータシステムに転送され、保存された。

左外耳道のひずみと左側下顎頭運動の同時記録：

実験 1 では左外耳道のひずみと左側下顎頭運動を同時に記録した(図3)。被験者は背中が地面と垂直になるように、背もたれのない椅子に座位をとってもらった。被験者にとって自然なリズムで開閉口運動、側方運動、ガム咀嚼運動を行わせた。

本実験中に使われたガムとして、市販の粒ガム(キシリトールガム、㈱ロッテ)を用いた。

データ分析：

記録された左側外耳道のひずみと左側下顎頭運動の前後方向成分、左右方向成分、上下方向成分のそれぞれをデジタル化し、波形分析ソフトウェア (Spike2) に取り込んだ。連続的に安定した顎運動 10 サイクル分を分析対象とした。開閉口運動、側方運動およびガム咀嚼運動、において左側の外耳道のひずみの波形と左側下顎頭運動の各方向成分の波形との相同性を相互相関関数によって分析した。

相互相関関数は、二つの波形の類似性を確認するために使われる。本研究では相互相関関数は波形分析ソフト (spike2、CED) を用いて算出した。2 秒間の一方のデータをもとに、4 秒間のもう一方のデータとの間で相互相関関数を算出し、順次加算平均をとって相互相関関数を算出した。関数配列の結果値が 1 に近ければ近いほど正の相関が高い、ゼロに近ければ近いほど無相関であり、-1 に近ければ近いほど負の相関が高い、つまり逆位相であることを示す。さらに、類似している部分があれば、どの程度の時間差があるのかを調べることができる。本研究では外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向成分との間の相互相関関係を検討した。位相差時間が ± 0.0 時点に一番近い相互相関関数配列の正または負のピーク値を分析対象とした。

統計解析：

側方運動時あるいはガム咀嚼時に、外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向との相互相関関数が、作業側になった時と平衡側になった時の比較は、paired-ttest を用いて平均値の差の検定を行った。外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向との相互相関関数の方向による比較はフリードマン検定と多重比較検定 (Tukey test) を用いて検定した。これら検定の有意水準は 0.05 以下とした。本研究では、すべての統計解析に統計解析ソフト (SPSS ver17、IBM) を用いた。

実験 2: 外耳道のひずみから見た下顎頭運動の特徴

被験者：

被験者は松本歯科大学付属病院の歯科医師、男性 12 人 (平均年齢

29.8 歳)から構成された。実験 1 と同様に研究の内容を理解し同意したものと
した。第三大臼歯以外の歯の欠損を持つ者、顎口腔領域に疼痛や機能障害
を持つ者を除外した。すべての被験者には自覚的に顕著な顎関節症の症状
は認められなかった。

外耳道のひずみと下顎頭運動の同時記録：

外耳道のひずみと下顎頭運動の記録方法は実験 1 と同じだが、実験 2 では
左右外耳道のひずみを同時に記録した。被験者にとって自然なリズムで開閉
口運動、ガム咀嚼運動を行わせた。

下顎頭運動による群分け：

生理学的見地から考えると、下顎頭は下方へ移動する際に前方へ移動す
る²⁸⁾。つまり上下方向成分の波形は前後方向成分の波形とは強い逆位相と
なる。以前、三島らは相互相関関数の値が 0.69 以上の場合が相関が高いと
主張した²⁹⁾。このことから、本研究において、下顎頭運動時に左右両側の下
顎頭自身の前後方向成分の波形と上下方向成分の波形との間の相互相関
関数値が、いずれのものも-0.7 以下、つまり強い逆位相を示す者を滑走運動良好
群とした。左右下顎頭いずれかに相互相関関数値が-0.7 以上、つまり弱い相
関あるいは同じ位相を示す者を滑走運動不良群と2群に分類した。そして、こ
の2群の開閉口運動およびガム咀嚼運動のそれぞれの左右外耳道のひずみ
の相互相関関数を検討した。位相差時間が±0.0 時点が一番近い相互相関
関数配列の正または負のピーク値を分析対象とした。

結果

実験 1 外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向成分との間の相互相関

開閉口運動

記録された外耳道のひずみの波形と下顎頭運動の各方向の波形を図4に
示す。外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向の変化は一致したサイクルを示

した。

開閉口運動時では外耳道のひずみと同側下顎頭運動前後方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.88 ± 0.10 、左右方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.84 ± 0.13 、上下方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.84 ± 0.15 であった。いずれにも高い相関が認められた(図5)。

側方運動

側方運動時において、作業側になった時に外耳道のひずみと同側下顎頭運動前後方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.69 ± 0.23 、左右方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.70 ± 0.24 、上下方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.61 ± 0.27 であった。平衡側になった時に外耳道のひずみと同側下顎頭運動前後方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.86 ± 0.14 、左右方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.75 ± 0.20 、上下方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.84 ± 0.16 であった(図6)。

フリードマン検定によって、平衡側である時に外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向成分、上下方向成分、左右方向成分との相互相関関数を比較すると有意な相違が認められたが(図6)作業側である時にはこのような相違は認められなかった。

多重比較によって、平衡側になった時に、外耳道のひずみと下顎頭運動の左右方向成分との相互相関関数は、外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向成分との相互相関関数に比べて有意に小さかった。外耳道のひずみと下顎頭運動の上下方向成分との相互相関関数と同側外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向成分との相互相関関数の間に有意差は認められなかった。外耳道のひずみと下顎頭運動の左右方向成分との相互相関関数は、外耳道のひずみと下顎頭運動の上下方向成分との相互相関関数に比べて有意に小さかった。つまり、外耳道のひずみと前後、上下方向成分との間の相関関数が左右方向との相関関数より有意に大きかった(図6)。

側方運動時に下顎頭が作業側あるいは平衡側である時の比較を行うと、外

耳道のひずみの前後方向および上下方向の成分との間の相互相関関数は平衡側である時の方が有意に大きかった(図7)。

ガム咀嚼運動

ガム咀嚼運動時において、作業側である時に外耳道のひずみと同側下顎頭運動前後方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.71 ± 0.22 、左右方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.63 ± 0.26 、上下方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.71 ± 0.28 であった。平衡側である時に外耳道のひずみと同側下顎頭運動前後方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.83 ± 0.18 、左右方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.73 ± 0.18 、上下方向成分との間の相互相関関数の絶対値の平均は 0.84 ± 0.18 であった(図8)。

フリードマン検定によって、平衡側になった時に外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向成分、上下方向成分、左右方向成分との相互相関関数を比較すると有意な相違が認められたが(図8)作業側となった時にはこのような相違は認められなかった。

多重比較によって、平衡側になった時に、外耳道のひずみと下顎頭運動の左右方向成分との相互相関関数は外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向成分との相互相関関数に比べて有意に小さかった。外耳道のひずみと下顎頭運動の上下方向成分との相互相関関数と同側外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向成分との相互相関関数の間に有意差は認められなかった。外耳道のひずみと下顎頭運動の左右方向成分との相互相関関数は、外耳道のひずみと下顎頭運動の上下方向成分との相互相関関数に比べて有意に小さかった。つまり、外耳道のひずみと前後、上下方向成分との間の相関関数が左右方向との相関関数より有意に大きかった(図8)。

ガム咀嚼運動時に下顎頭が作業側あるいは平衡側である時の比較を行うと、前後方向および上下方向の成分と外耳道のひずみとの間の相互相関関数は平衡側になった時の方が有意に大きかった(図9)。

実験 2 外耳道のひずみから見た下顎頭運動の特徴

本研究において、開閉口運動時に左右下顎頭自身の前後方向成分と上下方向成分との間の相互相関関数の値がいずれも -0.7 より低い、つまり良好な下顎頭運動を持つ者は7人であった。いずれかに -0.7 より高いあるいは正の相関、つまり不良な下顎頭運動を持つ者は5人であった。

顎運動測定器によって記録された下顎頭運動の矢状面の軌跡の例を(図10)に示す。滑走運動良好群の例では左右下顎頭のいずれにも生理的な前下方への移動をするが、滑走運動不良群の例では左右下顎頭いずれかに運動軌跡の乱れが認められた。

この2群の開閉口運動およびガム咀嚼運動時の左右外耳道のひずみの間の相互相関関数の位相差時間が ± 0.0 時点に一番近いピーク値を検討した。滑走運動良好群では、すべての被験者で正の値を示したが、滑走運動不良群には負の値を示す場合があった。本研究ではこれらピーク値の絶対値の平均値を算出した。開閉口運動時に、滑走運動良好群の左右外耳道のひずみの間の相互相関関数値の絶対値の平均値は 0.92 ± 0.07 、滑走運動不良群では 0.70 ± 0.25 であった。左側のガム咀嚼運動時に滑走運動良好群の左右外耳道のひずみの間の相互相関関数値の絶対値の平均値は 0.84 ± 0.17 、滑走運動不良群では 0.54 ± 0.16 であった。右側のガム咀嚼運動時に、滑走運動良好群の左右外耳道のひずみの間の相互相関関数値の絶対値の平均値は 0.86 ± 0.09 、滑走運動不良群では 0.64 ± 0.05 だった。ガム咀嚼時にはどちらが作業側になるかに関わらず、滑走運動良好群は滑走運動不良群に比べてピーク値が有意に大きいことが明らかとなった(図11)。

考察

いままでに、顎運動時には外耳道のひずみが生じるという点に着目した研究が報告されている^{26,27)}。しかし、それらの研究では下顎頭運動の記録は行われていなかったために、具体的に下顎頭運動との関係は比較されていなかった。本研究においては、下顎頭運動により外耳道のひずみが生じることに着目し、下顎頭運動と外耳道のひずみとの関係を調べた。その結果、外耳道のひずみ

の波形は下顎頭運動の各方向と一致したサイクルを示した。つまり、顎運動時に見られる外耳道のひずみは下顎頭運動により生じている可能性が高いことを示唆するものである。

開口時に下顎が前下方に動くと、外耳道の前壁が前方にひずむと考えられている²⁷⁾。しかし、本研究では被験者により下顎頭が前方に動いた時にセンサー内の圧が上昇する場合と下降する場合が認められた。本研究でのセンサーは耳栓を一つの腔としているために、前壁の動きではなく、外耳道の容積が関係すると考えられる。個人個人によって下顎頭の動きと外耳道の容積の関係に相違が認められると考えられる。本研究ではいずれの場合でも下顎頭の動きの影響により容積が変化すると考え、解析に用いた相互相関関数のピーク値は絶対値を用い、絶対値が大きいほど相関関係が高いとみなした。

開閉口運動時に、外耳道のひずみと下顎頭運動の前後方向、左右方向、上下方向との相互相関関数はいずれも高かった。このことは顎運動時に外耳道が下顎頭運動の前後方向、左右方向、上下方向の運動いずれにも影響を受けると考えられる。

また、必ずしも、下顎頭運動の波形のピーク値と外耳道のひずみの波形のピーク値は一致しなかった。これらの波形の位相に時間差を起す原因は開口運動の初期段階と閉口運動の最終段階に下顎頭が移動せず、回転運動だけを行うが、下顎頭の形によって単純な回転運動でも外耳道に影響を与える可能性があることを示す。

側方運動とガム咀嚼運動において、外耳道のひずみと下顎頭運動の各方向成分の相互相関関数を見ると、平衡側になった場合に前後方向成分と上下方向成分が左右方向成分より有意に大きかった。このことは側方運動とガム咀嚼運動時に前後および上下方向から大きい影響を受けることを示唆する。また、左右方向成分では平衡側になった時と作業側になった時との間に有意差がなかったが、前後成分と上下方向成分では平衡側になった時の方が作業側になった時の方より有意に大きかった。この結果は、下顎頭が作業側になった時より平衡側になった時の方が、前後および上下方向成分がより大きくて、安定に動くということ³⁰⁾に起因すると考えられる。

以前の研究から健康な顎関節の下顎頭運動の矢状面における軌跡が開

口時に前下方にスムーズに移動し、交叉しないことが明らかにされている^{6,7,31)}。この点を考慮し、下顎頭運動の前後方向の運動と上下方向の運動の類似性を相互相関関数から評価し、そのピーク値が -0.7 以下を滑走運動良好群とした。つまり、スムーズに前下方に移動している者とした。実際に6自由度歯科用下顎運動測定器を用いて下顎頭運動の矢状面での軌跡を見ると、本研究の方法によって分類された滑走運動良好群と滑走運動不良群の滑走運動良好群の下顎頭運動がスムーズで、滑走運動不良群の下顎頭運動の軌跡が8の字を描くように乱れていることが認められた。三島ら²⁹⁾は相互相関関数の値が 0.69 以上の場合が相関高いと述べているので、今回のカットオフ値としての -0.7 は妥当だと考える。

本研究の結果で滑走運動良好群の左右外耳道のひずみの相互相関関数値の絶対値が滑走運動不良群のより有意に大きいということが示された。さらに、滑走運動良好群では左右の外耳道のひずみの波形がすべての被験者で同位相(相互相関関数のピーク値が正の値)を示したのに対し、滑走運動不良群では逆位相(相互相関関数のピーク値が負の値)となる場合も見られた。この点でも滑走運動不良群では左右の波形の類似性が悪いことが示された。不良な下顎頭滑走運動が同側外耳道のひずみの波形を乱れさせ、これが滑走運動不良群の左右外耳道のひずみの波形の間の類似性が悪くなった原因であると考えられる。

左右の外耳道のひずみの相互相関関数値の絶対値が高ければ高いほど、良好な下顎頭運動を持つ可能性が高いと考えられる。本研究で用いた外耳道のひずみの測定法は、いままでに存在する下顎頭運動の測定法と比べると非常に簡便である。歯科臨床の現場においても、チェアサイドで本装置を装着し、ガム咀嚼を行わせるだけで測定できる。今回の結果を用いれば、左右の外耳道のひずみの相互相関関数値が、下顎頭運動のスムーズさを調べるための簡便なスクリーニングテストとして使える可能性がある。

結論

本研究の結果から外耳道のひずみの変化は下顎頭運動の各方向と一致したサイクルを示した。顎運動時に外耳道のひずみが下顎頭運動の前後および上下方向から強い影響を受けるということが分かった。さらに、本研究の結果から外耳道のひずみを記録するのみで、下顎頭運動のスムーズさを調べるための簡便なスクリーニングテストとなり得る可能性が示された。

謝辞

稿を終わるにあたり、始終ご懇篤なご指導とご校閲を賜った本学松本歯科大学歯学部歯科補綴学講座倉澤郁文教授、ならびに始終ご指導ご助言をいただいた本学顎機能制御学講座増田裕次教授に深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

1. Farrar WB (1978) Characteristics of the condylar path in internal derangements of the TMJ. *J Prosthet Dent* 39: 319-23
2. Van Willigen J (1979) The sagittal condylar movements of the clicking temporomandibular joint. *J Oral Rehabil* 6: 167-75
3. Mauderli AP and Lundeen HC (1988) Condylar movement recordings for analyzing TMJ derangement. *Journal of Craniomandibular Disorders and Facial Oral Pain*, 2, 119-27.
4. Yatabe M, Zwijnenburg A, Megens CCJ and Naeije M (1995) The kinematic center: a reference for condylar movements. *J Dent Res* 74: 1644-8.
5. Peck CC, Murray GM, Johnson CWL and Klineberg IJ (1997) the Variability of condylar point pathways in open-close jaw movements. *J Prosthet Dent* 77: 394-04.
6. Yatabe M, Zwijnenburg A, Megens CCEJ and Naeije M (1997) Movements of the mandibular condyle kinematic center during jaw opening and closing. *J Dent Res* 76: 714-9.
7. Morneburg T and Pröschel PA (1998) Differences between traces of adjacent condylar points and their impact on clinical evaluation of condyle motion. *Int J Prosthodont* 11: 317-24.
8. Peck CC, Murray GM, Johnson CWL and Klineberg IJ (1999) Trajectories of condylar points during working-side excursive movements of the mandible. *J Prosthet Dent* 81: 444-52.
9. Graff-Radford SB (1991) Headache problems that can present as toothache. *Dent Clin North Am* 35 : 155-70.
10. Schwartz S and Cohen S (1992) The difficult differential diagnosis. *Dent Clin North Am* 36 : 279-92.
11. Okeson JP and Falace DA (1997) Nonodontogenic toothache. *Dent Clin North Am* 41 ; 367-83.

12. Okeson JP (2000) Nonodontogenic toothache. *Tex Dent J* 117 : 64-74.
13. Okeson JP (2000) Non-odontogenic toothache. *Northwest Dent* 79 : 37-44.
14. Murphy E, Merrill RL (2001) Non-odontogenic toothache. *J Ir Dent Assoc* 47 : 46-58.
15. 重田優子,小川匠,松香芳三,安藤栄里子,深川菜穂,山崎泰志,豊田長隆,福島俊士 (2005) 非歯原性歯痛の発症頻度およびその内容. *日顎誌* 17 : 146-52.
16. Ozawa S and Tanne K (1997) Diagnostic accuracy of sagittal condylar movement patterns for identifying internal derangement of the temporomandibular joint. *J Orofac Pain* 11: 222-31.
17. 澁谷智明,杉崎正志,木野孔司,塚原宏泰,島田淳 (2010) 顎関節症スクリーニング質問票調査における偽陽性群および偽陰性群の原因背景. *日顎誌* 22 : 15-20.
18. 小川匠,重田優子,安藤栄里子,平井真也,須摩真由美,福島俊士 (2004) 光方式 6 自由度顎運動測定装置の臨床応用への試み. *顎機能誌* 10 : 166-68.
19. 坂東永一,石川輝明,北村万里子 (2005) チェアサイドでの咀嚼・顎運動検査. *日本歯誌* 57 : 1159-169.
20. 石川輝明,坂東永一,薩摩登誉子,重本修伺,北村万里子,川口貴穂,細木真紀,大塩恭仁 (2004) チェアサイドでの咀嚼運動検査. *補綴誌* 48・111 回特別号: 57.
21. 石川輝明,坂東永一,薩摩登誉子,重本修伺,北村万里子,中野雅徳,重本貴穂,郡元治 (2005) 光学方式と磁気方式による顎運動測定. *日顎口腔機能会誌* 12 : 52-53.
22. Sherrington CB (1917) Reflexes elicitable in the cat from pinna vibrissae and jaws. *J. Physiol* 51 : 404-31.
23. Langley LL and Cheraskin EC (1951) The nervous system. In the *Physiological Foundation of Dental Practice*. Ed by Langley LL,

- Cheraskin EC and Mosby CV. St Louis.
24. Kizior JE, Cuozzo JW and Bowman DC (1968) Functional and histologic assessment of the sensory innervation of the periodontal ligament of the cat. *J Dent Res* 47 : 59-64.
 25. 河野洋二郎 (1972) :咬合の生理について. *日本歯科評論* 359 : 25-33.
 26. Brenman HS, Mackwiak RC and Friedman MHF (1968) Condylar displacement recording an analog of mandibular movements. *J Dent Res.* 47 : 599-01.
 27. 太田勝美 (1975) 口外記録法による顎関節顆頭運動の分析. *口病誌* 192 :118-27.
 28. Naeije M (2003) Measurement of condylar motion: a plea for the use of the condylar kinematic centre. *J Oral Rehabil* 30 : 225-30.
 29. 三島隆章, 藤井勝紀, 渡辺英次, 関一誠 (2012) 相互相関関数から導かれる体脂肪の加齢変化と体力・運動能力発達の類似性について－学齢期男子の解析－. *体力科学* 61 : 201-10.
 30. Miyawaki S, Tanimoto Y, Kawakami T, Sugimura M and Takano-Yamamoto T (2001) Motion of the Human Mandibular Condyle during Mastication. *J Dent Res* 80 : 437-42.
 31. Kohno S (1972) Analyse der Kondylenbewegung in der Sagittalebene. *Dtsch Zahnarztl Z* 27 : 739-43.

図 1:

気圧計と耳栓・イヤーチップを組み合わせて製作したセンサー
顎運動時に起こる外耳道のひずみによってセンサーの耳栓部も同時に圧力を
受けてセンサー内の圧力が変化する。

図 2:

顎運動測定器 (MM-J2、松風社製) (装着したところ・前貌)

図 3:

外耳道のひずみ記録センサーと顎運動測定器 (MM-J2、松風社製) (装着し
たところ・側貌)

図 4:

記録された外耳道のひずみと下顎頭の運動の一例

図 5:

開閉口運動時の外耳道のひずみと同側下顎頭運動各方向成分との間の相
互相関関数 (絶対値)

図 6:

側方運動時の外耳道内圧と下顎頭の各方向の相互相関関数 (絶対値)

図 7:

側方運動時の外耳道内圧と下顎頭の各方向の相互相関関数 (絶対値)
作業側になった時と平衡側になった時との比較

図 8:

ガム咀嚼時の外耳道内圧と下顎頭の各方向の相互相関関数 (絶対値)

図 9:

ガム咀嚼時の外耳道内圧と下顎頭の各方向の相互相関関数(絶対値)
作業側になった時と平衡側になった時との比較

図10:

下顎頭運動の矢状面での軌跡

開閉口運動時の滑走運動良好群と滑走運動不良群の一例

図11:

滑走運動良好群と滑走運動不良群の左右外耳道内圧の相互相関関数(絶対値)

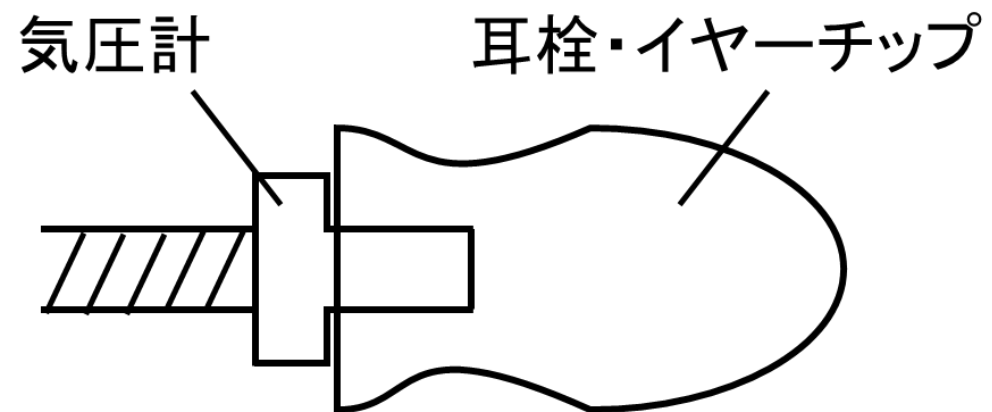


図 1



图 2

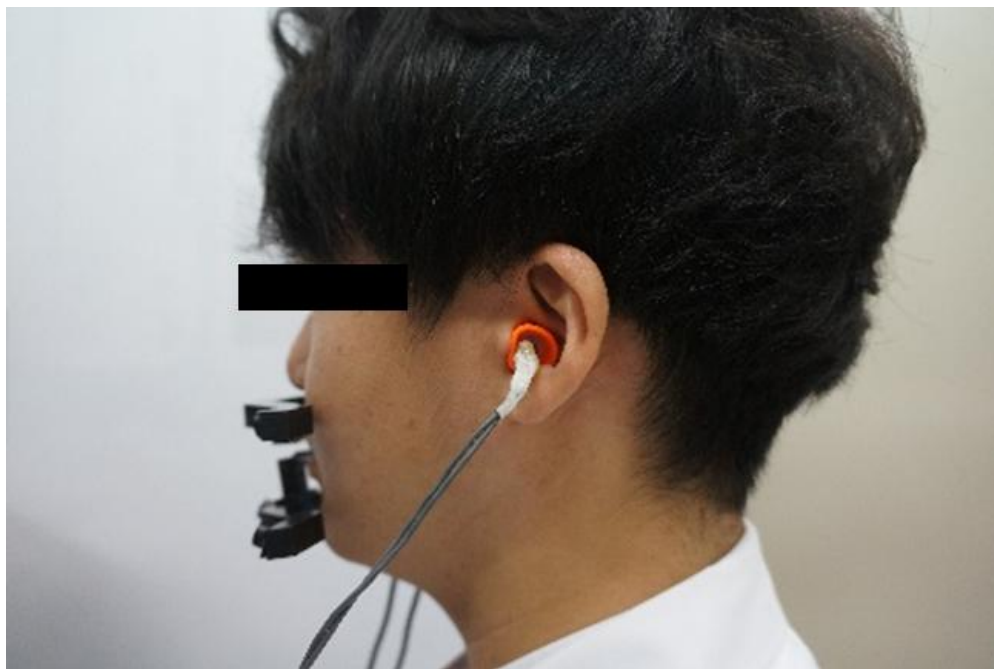


图 3

外耳道での気圧の変動と下顎頭の運動の一例
(開閉口運動時)

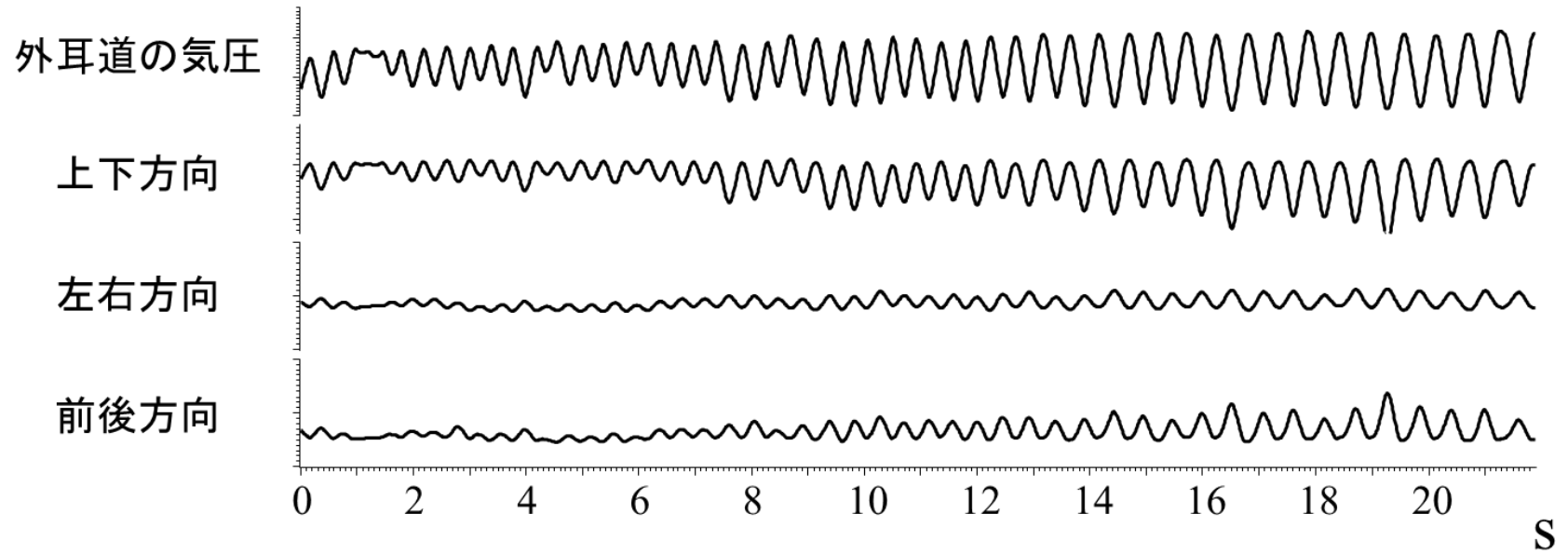


図 4

開閉口運動時の相互相関関数のピーク値
【外耳道での気圧の変動と下顎頭の各方向成分間】

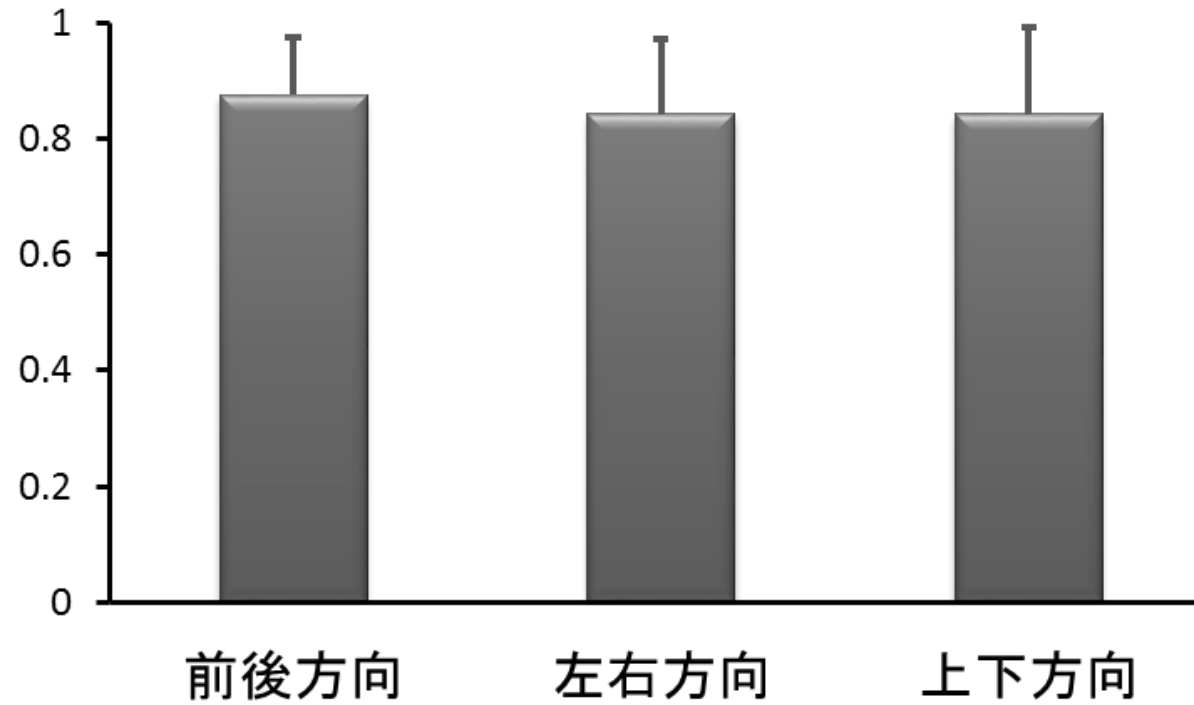


図 5

外耳道での気圧の変動と下顎頭の各方向の相互相関関数 (側方運動時)

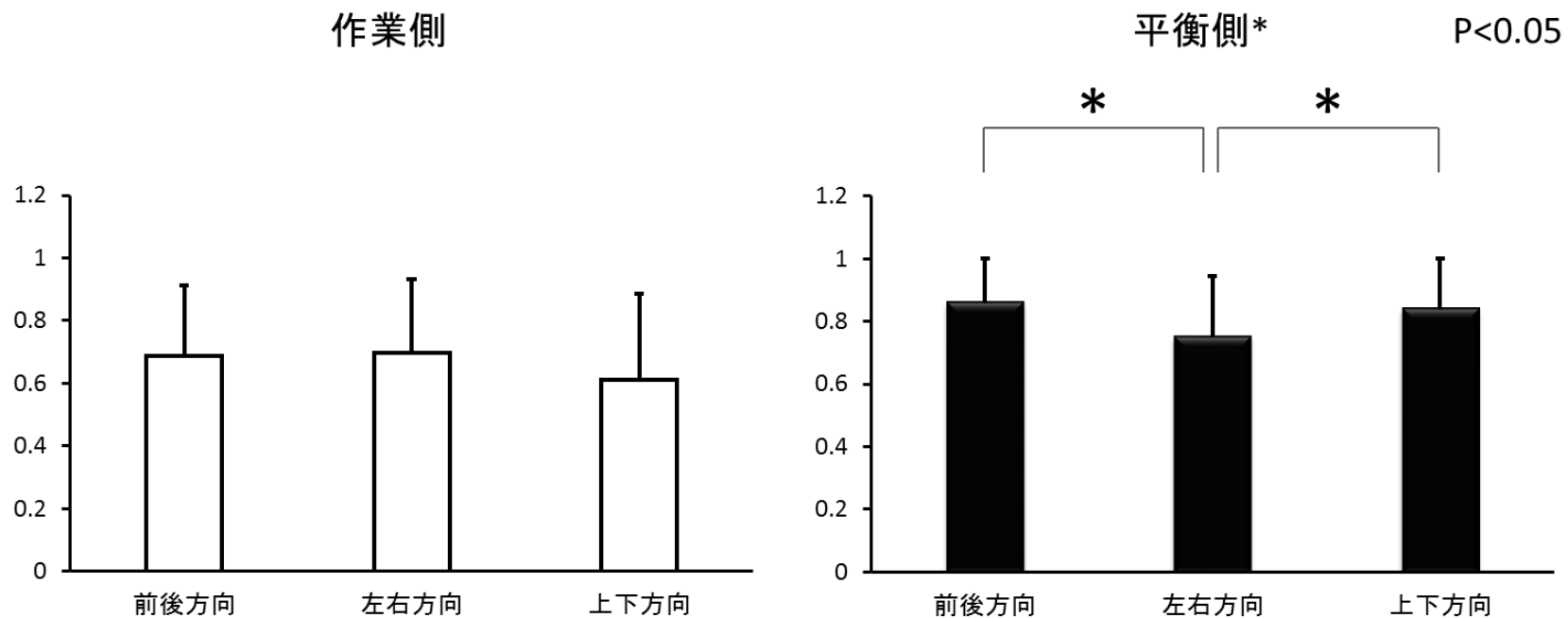


図 6

側方運動時の相互相関関数のピーク値

下顎頭が作業側あるいは平衡側になった時の比較

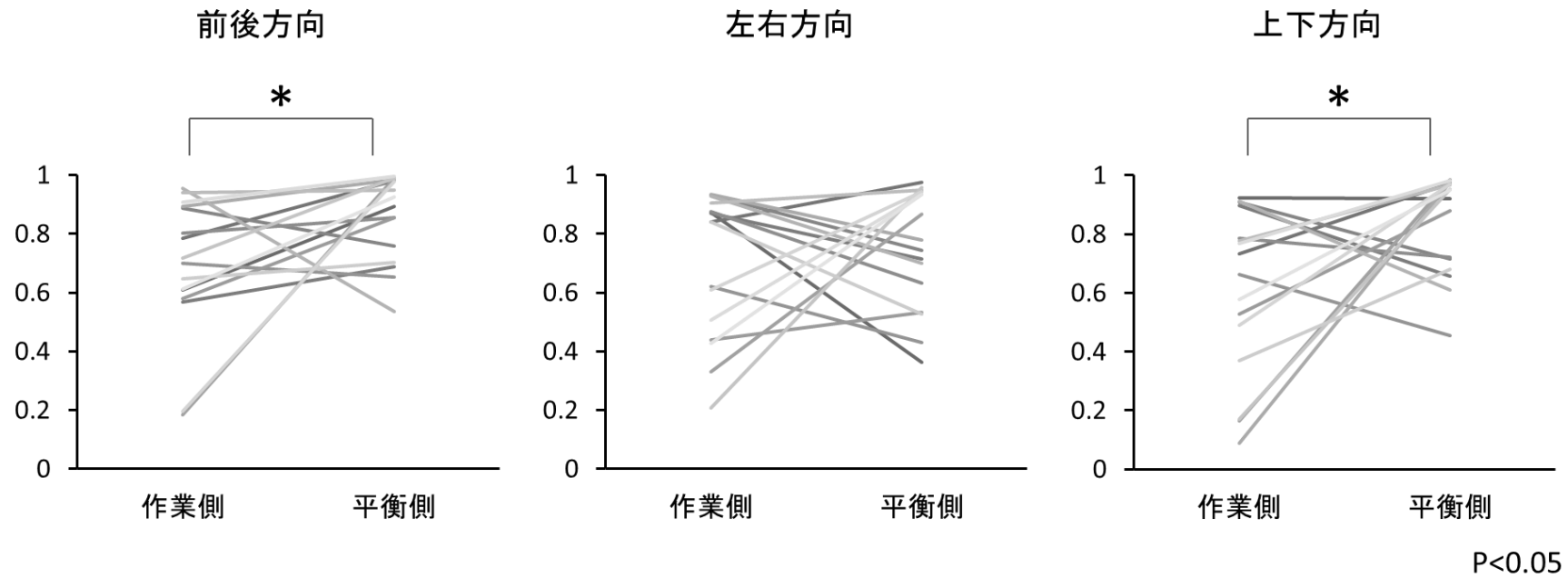


図 7

外耳道での気圧の変動と下顎頭の各方向の相互相関関数 (ガム咀嚼時)

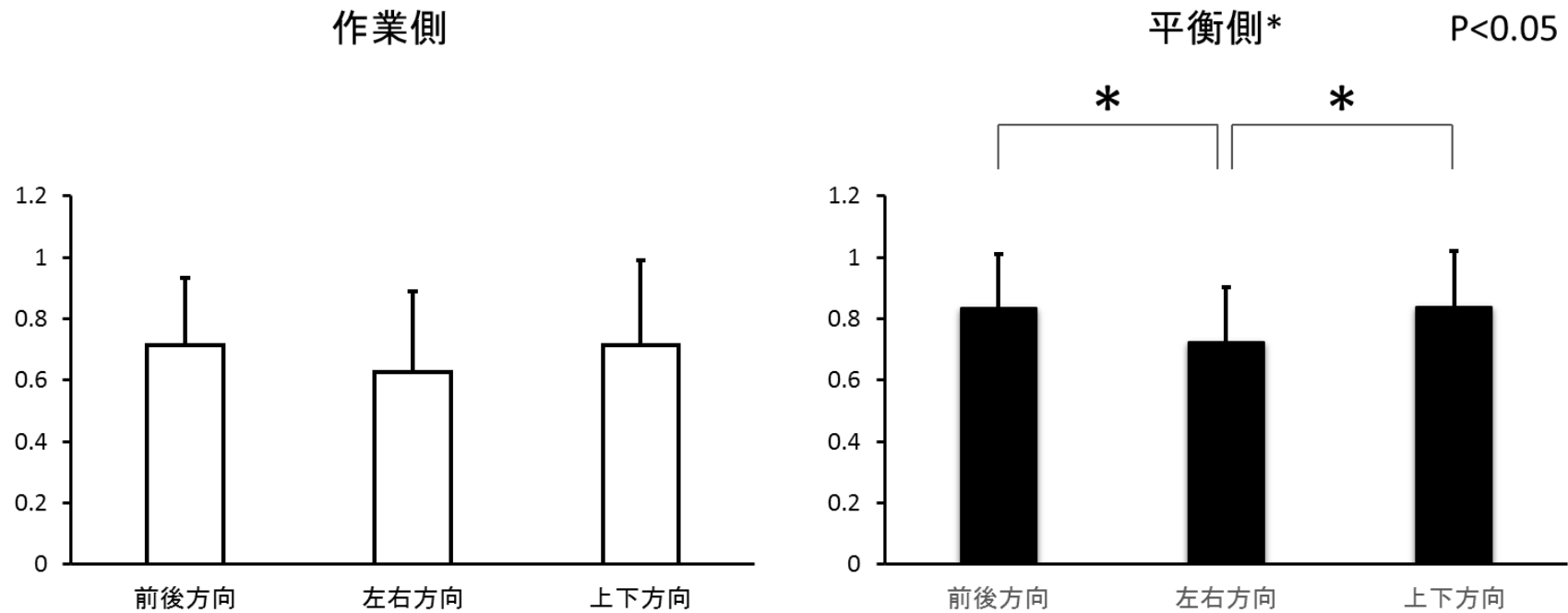
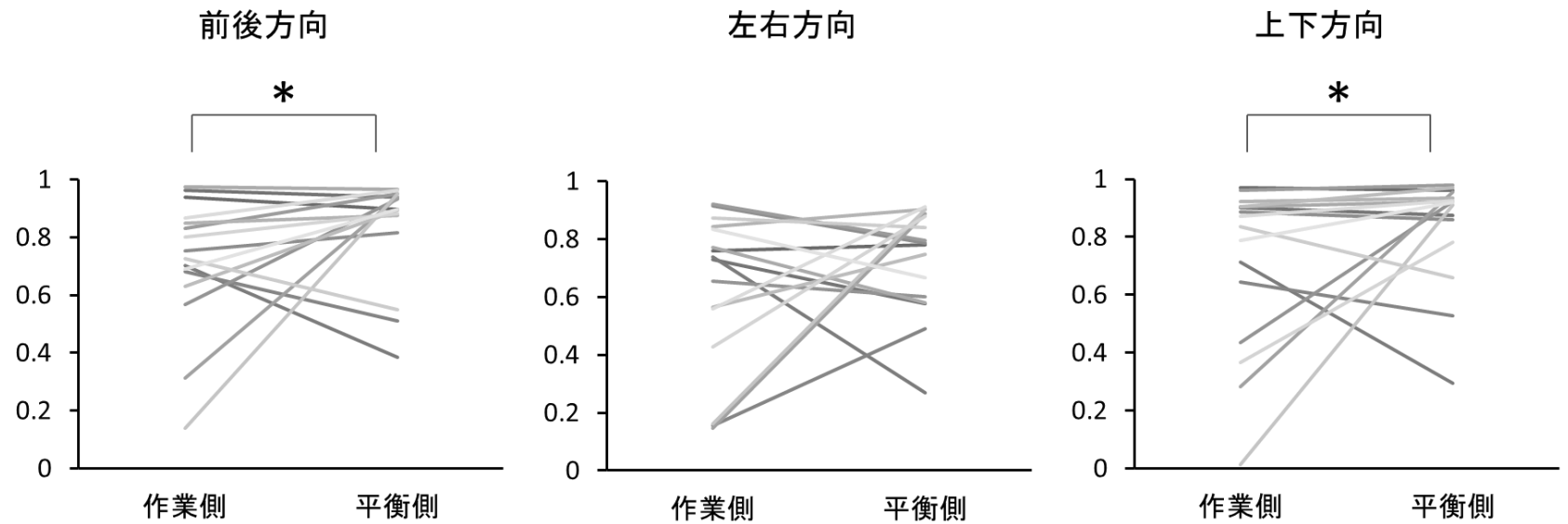


図 8

ガム咀嚼時の相互相関関数のピーク値

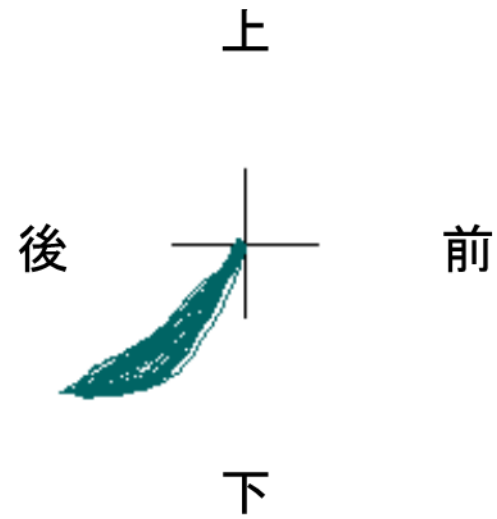
下顎頭が作業側あるいは平衡側になった時の比較



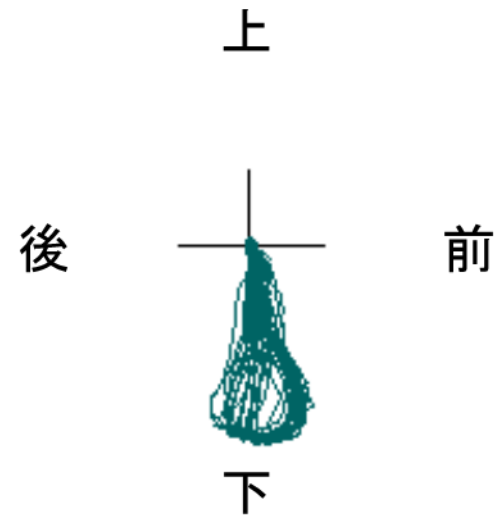
P<0.05

図 9

滑走運動良好群



滑走運動不良群



5mm

図10

左右外耳道での気圧の変動の相互相関関数のピーク(絶対値)
【滑走運動良好群と滑走運動不良群の比較】

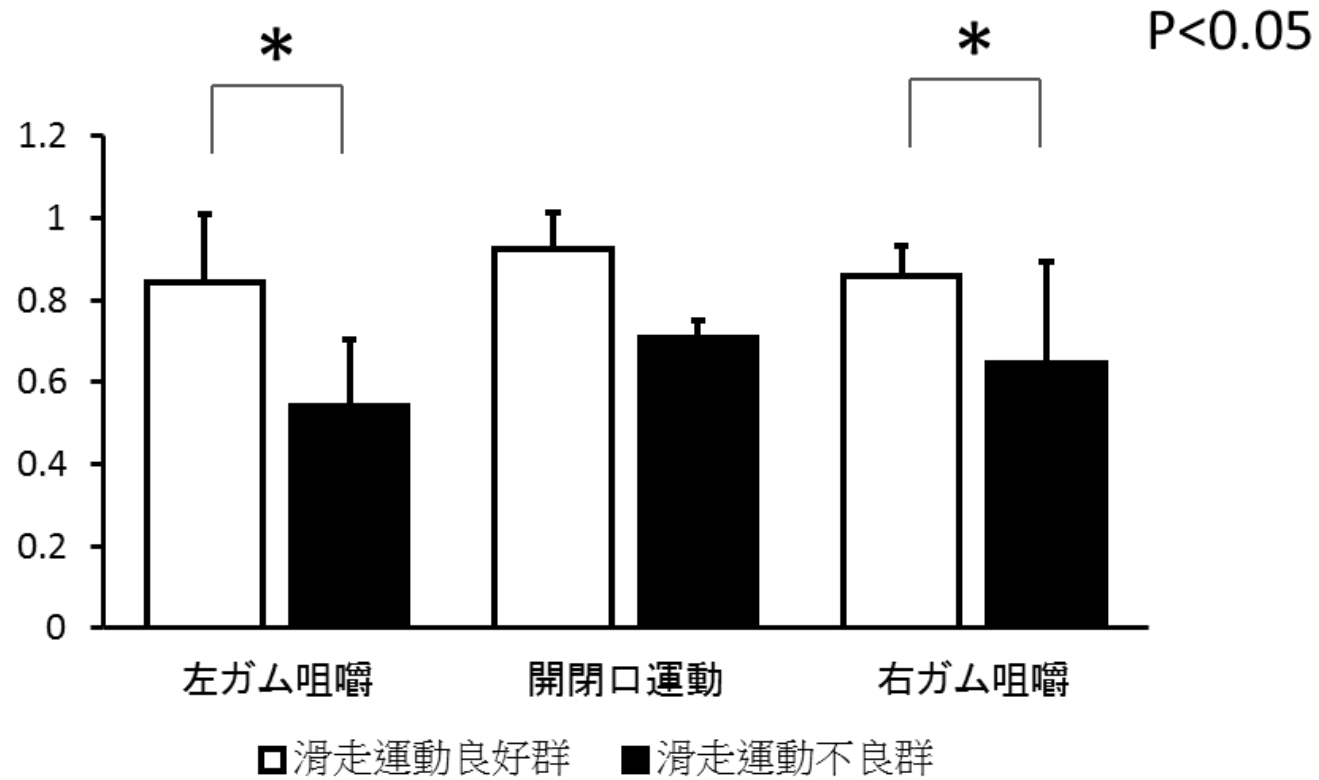


図 1 1