

論文題目  
骨格性下顎前突者の口唇閉鎖調節能力

丸山 歩美

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学  
(主指導教員：影山 徹 准教授)

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

Title  
Voluntary lip closure ability in patients  
with mandibular protrusion

Ayumi Maruyama

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral Medicine  
(Chief Academic Advisor: Associate Professor Toru Kageyama)

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

## 要旨

### 1. 目的

口唇は様々な口腔機能を営む中で顎顔面領域において重要な組織で、このうち口唇閉鎖機能は咀嚼、嚥下、発音、表情による感情の表出に重要な役割を担っている。不正咬合者と口唇閉鎖力の関連は、様々な研究で示されている。しかし、これまでの研究は最大口唇閉鎖力が検討され、日常使用されている随意的な口唇機能力については不明な点が多い。Miyamotoらは、新しい口唇の機能評価方法として、多方位口唇閉鎖力測定装置を用いて、ビジュアルフィードバックによる口唇閉鎖の調節能力を方向別に評価できるシステムを構築し、成人男性が成人女性に比べて口唇閉鎖調節能力が高いことを報告していた。さらに土屋は健常高齢男性の口唇閉鎖調節能力が健常成人男性に比べて有意に劣っていることを明らかにした。

このように、個性正常咬合者の口唇閉鎖調節能力については検討されてきた。しかし、不正咬合者の口唇閉鎖調節能力については明らかにされていない。そこで本研究では、個性正常咬合者と骨格性下顎前突者の口唇閉鎖調節能力を比較し、骨格性下顎前突者の口唇の調整能力を明らかにすることとした。

### 2. 方法

2017年4月から2019年12月に松本歯科大学病院矯正歯科に来院し、外科的矯正治療の適応を診断された骨格性下顎前突者41名から、本研究の被験者の条件に適合した骨格性下顎前突者15名（女性、平均年齢 $20.0 \pm 6.2$ 歳）とした（下顎前突群）。除外基準は、オーバーストマイナス、矯正治療の経験があるもの、歯数の過不足（智歯を除く）、先天異常を有する者とした。対象として、前歯部被蓋でオーバーストがプラスを示す個性正常咬合者15名（女性、 $22.7 \pm 3.3$ 歳）を松本歯科大学病院のスタッフから募った（正常咬合群）。

次に、口唇閉鎖力の測定には多方位口唇閉鎖力測定装置を用いてまた、被験者自身の発揮する口唇閉鎖力の大きさを多方位口唇力測定装置に視覚的に見ることができるようビジュアルフィードバック用のサブディスプレイを用いた。

最初に、最大口唇閉鎖力の測定を上下2方向と斜め4方向（左上方

向,左下方,向右上方向,右下方向)の 6 方向それぞれを測定した.次に,口唇閉鎖調節能力の測定としてディスプレイ上に最大口唇閉鎖力の 50%の値を目標として表示し,自らの発揮する口唇閉鎖力を目標に一致するように調節することを指示した.この際,被験者にはサブディスプレイ上に表示された目標 6 秒間維持することを指示し,その測定を連続で 3 回行い,正確率を算出した.正確率の算出に際して,目標値から± 8%(一定)の範囲に入った時間の割合を正確率として口唇閉鎖調節能力を表した.

### 3. 結果及び考察

本研究の下顎前突群は,正常咬合群と比較して,SNAが $79.9^{\circ}$ と有意に小さく,Gonial angle が $127.0^{\circ}$ と有意に大きい値を示した.歯系に関しては,FMIA が $67.7^{\circ}$ と優位に大きく,IMPA が $87.7^{\circ}$ と優位に小さく,Inter incisal は $126.0^{\circ}$ と優位に大きかった.このことから,下顎骨の顎角部が開いた上顎骨劣成長の骨格性下顎前突で,FMIA が有意に大きく,IMPA が有意に小さいことから,下顎前歯の代償性の舌側傾斜がみられた.

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較では,下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較では,6 方向で有意差は認められなかった.下顎前突群と正常咬合群は両群ともに,方向の違いによる有意な相違が認められた.すなわち,両群ともに上方向は左上方向,右上方向,左下方向,右下方向に比べて有意に大きく,下方向は左上方向,右上方向,左下方向,右下方向よりも有意に大きい値を示した.これらのことから,下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力は,上下方向が斜め 4 方向に比べて有意に大きい値を示し,方向による特異性が認められた.

下顎前突群と正常咬合群の口唇閉鎖調節能力の結果では,下顎前突群と正常咬合群の正確率は,両群ともに上方向と下方向で大きい正確率を示した.また,正常咬合群では,6 方向全てで 60%以上の正確率を示し,下顎前突者では,6 方向全てで 60%より小さい正確率を示した.下顎前突群と正常咬合群の口唇閉鎖調節能力の比較では,6 方向全てで下顎前突群が有意に小さい正確率を示した.

下顎前突群と正常咬合群,それぞれの 6 方向別の正確率の比較で

はともに有意差がみられた．下顎前突群では，上方向が右下方向，左下方向に比べて有意に高い正確率を示した．正常咬合群では，上方向は左下方向よりも有意に高い正確率を示し，下方向は左上方向に比べ有意に高い正確率を示した．

本研究結果より,下顎前突群では,口唇閉鎖調節能力が 6 方向全てで低い正確率を示した．口唇閉鎖の調節能力が外科的矯正治療により，正常者と同等になるかは不明であるが，今後，治療前と治療後で比較を行い，口唇閉鎖の調整能力を数値として評価することにより，形態改善後の機能的評価を行いたいと考えている．

論文題目

骨格性下顎前突者の口唇閉鎖調節能力

丸山 歩美

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学  
(主指導教員：影山 徹 准教授)

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

Title

Voluntary lip closure ability in patients  
with mandibular protrusion

Ayumi Maruyama

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral Medicine  
(Chief Academic Advisor: Associate Professor Toru Kageyama)

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

## 緒言

上下顎の歯列は口唇と舌からの力の均衡した位置に排列すると考えられ<sup>1-5)</sup>, **Buccinator Mechanism**として日常矯正歯科臨床においても口唇閉鎖力の重要性が取り上げられている．そのため，不正咬合者の口唇閉鎖力が古くから検討されてきた．

骨格性下顎前突症の最大口唇閉鎖力の総合力は，成人では **Lip DeCum®**を用いた研究で正常者に比べて有意に小さいことが報告されている<sup>6-7)</sup>．一方，**Lambrechts**ら<sup>8)</sup>は **Myometer 160**を用いて口唇閉鎖力を測定し，骨格性Ⅲ級患者と骨格性Ⅰ級患者との間に有意な差がないことを明らかにしている．このように骨格性Ⅲ級患者の最大口唇閉鎖力については，測定装置により口唇閉鎖力の値が一定ではないことが示されている．

上唇と下唇の口唇圧を別々に計測した研究では，**Chen**ら<sup>9)</sup>は，**Y**メーターを使用して口唇閉鎖力を上下別々に計測し，骨格性Ⅰ級よりも骨格性Ⅲ級で下唇の閉鎖力が上唇の閉鎖力に比べて有意に高いことを明らかにしている．上唇と口唇の閉鎖力をさらに詳細に検討するために，口唇の口すぼめ運動時に上下口唇からの力を8方向から方向別に同時に測定可能な多方位口唇閉鎖力測定装置が開発された<sup>10)</sup>．多方位口唇閉鎖力測定装置を用いた骨格性Ⅲ級患者の口唇閉鎖力の研究では，口すぼめ時の全体の口唇閉鎖力は骨格性Ⅰ級患者との間に有意な差がなく，上唇に比べて下唇からの閉鎖力が大きいことが明らかされている<sup>11)</sup>．

これまで挙げた研究は，口唇閉鎖力の評価を最大努力時での口唇閉鎖力として検討している．しかし，本来の口唇の機能を考えると，随意的な調節能力が日常生活における口唇の機能的な評価につながると考えられる．随意的な調節能力については，ビジュアルフィードバックを用いた研究がこれまで行われてきた．**Keenan**ら<sup>12)</sup>は若年者と高齢者の指先の力の制御について，ビジュアルフィードバックを用いて検討している．また **Gentil**ら<sup>13)</sup>は口唇，舌，手指の発揮する力の調

節能力を，ビジュアルフィードバックを用いて男女で比較している．彼らは，口唇の力を視覚的に捉えることができる装置を用いて，口唇閉鎖力を一定の力で維持する能力が高いのは男性であることを示している<sup>13)</sup>．

Miyamoto ら<sup>14)</sup>は，新しい口唇の機能評価方法として，多方位口唇閉鎖力測定装置を用いて，ビジュアルフィードバックによる口唇閉鎖の調節能力を方向別に評価できるシステムを構築し，成人男性が成人女性に比べて口唇閉鎖調節能力が高いことを報告した．さらに土屋<sup>15)</sup>は，同じ測定装置を用いて健常高齢男性の口唇閉鎖調節能力は健常成人男性に比べて有意に劣っていることを明らかにした．

このように，個性正常咬合者の口唇閉鎖調節能力については検討されてきた．しかし，不正咬合者の口唇閉鎖調節能力については明らかにされていない．そこで本研究では，個性正常咬合者と骨格性下顎前突者の口唇閉鎖調節能力を比較し，口唇閉鎖調節能力の測定が，外科的矯正治療後の機能改善評価法の一つになり得るかどうか調べることを目的とした．

## 研究方法

### 1. 被験者

被験者は，2017 年 4 月から 2019 年 12 月に松本歯科大学病院矯正歯科に来院し，外科的矯正治療の適応を診断された骨格性下顎前突者 41 名から，本研究の被験者の条件に適合した骨格性下顎前突者 15 名（女性，平均年齢  $20.0 \pm 6.2$  歳）とした（下顎前突群）．除外基準は，オーバーストマイナス，矯正治療の経験があるもの，歯数の過不足（智歯を除く），先天異常，下顎骨メントン偏位量 4.0mm 以上を有する者とした．対象群として，前歯部被蓋でオーバージェットがプラスを示す個性正常咬合者 15 名（女性， $22.7 \pm 3.3$  歳）を松本歯科大学病院のスタッフから募った（正常咬合群）．

なお，研究を開始するにあたり，事前に本学倫理委員会の承認を

得て(許可番号:第 250 号), すべての被験者に本研究の主旨および内容を口頭と文書にて十分に説明し, 同意を得た上で行った.

## 2. 側面セファログラムと正面セファログラムの分析

咬頭嵌合位で側面セファログラムと正面セファログラムを撮影して, 同じ計測者 1 名がトレースした. 側面セファログラムの分析は, SNA, SNB, ANB, FMA, Gonial angle, U1 to SN, U1 to FH, IMPA, FMIA, Interincisal angle の 10 項目の角度計測 (図 1), overjet, overbite の 2 項目の線計測を行った. 正面セファログラムの分析は Sassouni による分析に準じ<sup>16)</sup>, lateroorbitale to lateroorbitale (眼窩縁と斜眼窩線との交点を結んだ線 Lo-Lo') を水平基準線 LoLo' とし, LoLo' の垂直二等分線を正中基準線 VP とした. これらを基準に以下の項目について計測した (図 2).

### 1) 垂直距離計測項目

(1) 上顎骨高: 水平基準線 LoLo' から偏位側, 非偏位側の上顎第一大臼歯頬側歯槽骨頂部 Mx, Mx' までの距離.

(2) 下顎骨高: 水平基準線 LoLo' から偏位側, 非偏位側の下顎角部 Go, Go' までの距離.

### 2) 水平距離計測項目

(1) 上顎骨幅: 正中基準線 VP から偏位側, 非偏位側の上顎第一大臼歯頬側歯槽骨頂部 Mx, Mx' までの距離.

(2) 下顎骨幅: 正中基準線 VP から偏位側, 非偏位側の下顎角部 Go, Go' までの距離.

(3) 下顎骨偏位量: 正中基準線 VP から Me までの距離.

## 3. 多方位口唇閉鎖力測定

### 1) 装置

松本歯科大学で開発された多方位口唇閉鎖力測定装置 (株プロシード, 長野) を用い, 口唇閉鎖調節能力の測定には上記装置に併せてビジュアルフィードバック用のサブディスプレイを用いた (図 3A). 多方位



口唇閉鎖力測定装置のプロープ部は、直径 2.2cm の円柱状に配列された燐青銅板のそれぞれにひずみゲージを貼付したものをを用いた。口唇閉鎖力の測定は、プロープ部にディスポーザブルのシリコン製カバーを被せて行った。

## 2) 最大努力時の口唇閉鎖力測定

各被験者は多方位口唇閉鎖力測定装置の前に背筋を伸ばして座り、頭部はカンペル平面と多方位口唇閉鎖力測定装置の測定プロープが平行（水平方向）になるように位置づけ、バンドで頭部を固定した（図 3B）。各試行では被験者は上唇と下唇でプロープをはさみ、最大努力で 5 秒間すばめることによる最大口唇閉鎖力の測定を 3 回繰り返した。被験者らには、口すばめ運動中に、上下の歯は接触しないよう指導した。口唇、頭部がぶれるなど、明らかな誤動作が認められた場合、その記録を中断し各被験者の設定を改善した後、記録を再開した。最大口唇閉鎖力が発揮されている 3 秒間の 1 秒あたりの平均測定値（N/sec）を算出し、最大口唇閉鎖力とした。3 回の測定値の平均値を、各被験者の最大口唇閉鎖力とした。

## 3) サブディスプレイを用いた口唇閉鎖調節能力の測定

最大口唇閉鎖力の測定後、上下 2 方向と斜め 4 方向（左上方向、左下方向、右上方向、右下方向）の 6 方向それぞれの口唇閉鎖調節能力を測定した。今回の実験では、口唇閉鎖力が発揮されにくいことが分かっている<sup>11)</sup>左右 2 方向は実験対象外とした。

被験者の前方に、口唇閉鎖力をバーの長さとしてリアルタイムで表示できるディスプレイを設置した。ディスプレイは 15×21cm（8 インチ）で被験者の顔から約 50cm 前方に設置した（図 3A）。ディスプレイには口唇閉鎖力測定中に黒い画面上に緑色の線で放射状に 8 方向の口唇閉鎖力の座標が表示されるように設定した。ディスプレイ上には、最大口唇閉鎖力の目標値（50%）の±8%の長さを持った黄色の四角のマーカを緑色の線上にターゲットとして表示されるようにした。

例えば上方向の口唇閉鎖力の調節能力を測定する場合は放射状の上方向の座標の中央に黄色のマーカーのターゲットが表示される（図 3C-1）。口唇閉鎖力発揮時には原点から赤色のバーが口唇閉鎖力を発揮した量だけ，測定する方向に向かってリアルタイムで伸びるように設定した（図 3C-2）。

ターゲット（黄色の四角）の点灯を合図として，自らの発揮する口唇閉鎖力（赤いバーの先端）を目標の四角内に維持できるように調節することを指示した。ターゲットの消灯を口唇閉鎖力発揮終了の合図とした。ターゲットおよび口唇閉鎖力を示すバーは，口唇力発揮後 6 秒間表示した。この測定を 3 秒間の間隔を空けて，3 回行った。

測定した波形は，専用のソフト(株)プロシード，長野)を用いて，サンプリング周波数 100Hz で AD 変換を行い，パーソナルコンピュータに保存した。

#### 4) 正確率と準備時間の解析

図 4 は多方位口唇閉鎖力測定装置を用いて口唇閉鎖力の調節能力測定時に得られた 1 方向の波形データを示している。被験者が口唇閉鎖を開始すると波形が急峻な立ち上がりののちターゲット付近で平坦になる傾向がある。今回の実験では，①で示すターゲット点灯から⑤で示すターゲット消灯までの 6 秒間を解析の対象とした。②のラインは目標となる最大口唇閉鎖力の 50% の値を示している。6 秒間のうち，③の区間で示すターゲット（目標値から  $\pm 8\%$ ）の範囲に入った時間の割合を正確率として算定した。この解析にはエクセルに移して行った。6 秒間のデータ、すなわちサンプリング周波数 100Hz なので目標値の  $\pm 8\%$  以内にあるデータをカウントし、600 に対する百分率であらわしたものを正確率とした。正確率は口唇閉鎖調節能力を表す値として分析した。④はターゲット点灯時から口唇閉鎖力が最初に目標値の  $\pm 8\%$  以内に入るまでの時間を示している。この時間を準備時間 (s) として分析の対象にした。本研究における 6 秒の計測時間の中にターゲット点灯時からターゲットに口唇閉鎖力が到達するまでの時間が正確率に影響

響する可能性があるために、この準備時間の早さと正確率の相関を解析した。

#### 4. 統計解析

下顎前突群と正常咬合群の側面セファログラム，正面セファログラム，最大口唇閉鎖力，正確率，準備時間の計測値の統計解析は，市販の統計ソフト SPSS (Ver.14.0, エス・ピー・エス・エス(株))を用いて行った．各研究データについて，Shapiro-Wilk の検定を用いて正規性の有無を検証した．その結果，正規性を持たないデータがあったため，本研究では主にノンパラメトリック検定を用いた．

側面および正面セファログラムの解析では，下顎前突群と正常咬合群の比較に Man-Whitney の U 検定を用いた．正面セファログラムの解析では，下顎前突群の偏位側と非偏位側の比較に，Wilcoxon 符号順位検定を用いた．

下顎前突群と正常咬合群の各群において，ターゲット点灯時から口唇閉鎖力が目標値に入るまでの時間（準備時間）と正確率の関係について spearman の順位相関係数で検討した．無相関検定で有意性を確認後，相関係数が 0.7 以上の場合に相関有りとし，正確率に影響をおよぼす因子とした．

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力，正確率，準備時間を Man-Whitney の U 検定で比較した．下顎前突群と個性正常群のそれぞれ 6 方向の最大口唇閉鎖力，正確率を比較するために Friedman 検定を行い，その後の検定は Bonferroni 修正を加えた Wilcoxon 符号順位検定を用いた．有意水準は 5%以下とした．

### 結果

#### 1. 下顎前突群と正常咬合群の側面顔面形態

下顎前突群と正常咬合群のセファログラムの分析の結果を表 1 に示す．本研究の下顎前突群は正常咬合群と比較して，骨格系では SNA

が有意に小さく，Gonial angle が有意に大きい値を示した．歯系では FMIA と Inter incisal が有意に大きく，IMPA が有意に小さい値を示した．以上の結果から，下顎骨の顎角部が開いた上顎骨劣成長の骨格性下顎前突で，下顎前歯の代償性の舌側傾斜がみられた．

## 2. 下顎前突群の正面顔面形態

下顎前突群の正面顔面形態の計測結果を表 2 に示す．上顎骨と下顎骨の高さの偏位側と非偏位側の差は，それぞれ 0.3mm，0.2mm，上顎骨と下顎骨の幅の偏位側と非偏位側の差は，それぞれ 0.2mm および 0.7mm で有意差を示さなかった．また，被験者の除外基準として下顎骨メントン偏位量 4.0mm 以上とした結果，下顎前突群の Me 偏位量は  $2.3 \pm 1.0\text{mm}$  と小さい値を示した．これらのことから，本研究の下顎前突群の被験者はほぼ左右対称な顔面形態を呈していたと考えられた．

## 3. 下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力

最大努力の口唇閉鎖力すなわち最大口唇閉鎖力の下顎前突群と正常咬合群の比較を図 5, 表 3 に示す．下顎前突群の最大口唇閉鎖力の平均値は，上方向 1.78N，左上方向 0.77N，右上方向 0.79N，下方向 2.15N，左下方向 0.75N，右下方向 0.79N であった．正常咬合者の最大口唇閉鎖力の平均値は，上方向 1.62N，左上方向 0.57N，右上方向 0.70N，下方向 1.86N，左下方向 0.62N，右下方向 0.58N を示した．下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較では，6 方向で有意差は認められなかった(図 5, 表 3)．

下顎前突群と正常咬合群は両群ともに，方向の違いによる有意な相違が認められた(図 6)．すなわち，両群ともに上方向は左上方向，右上方向，左下方向，右下方向に比べて有意に大きく，下方向は左上方向，右上方向，左下方向，右下方向よりも有意に大きい値を示した．これらのことから，下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力は，上下方向が斜め 4 方向に比べて有意に大きい値を示し，方向による特異性が認められた(図 6, 7)．

## 4. 下顎前突群と正常咬合群の正確率

最大口唇閉鎖力の  $50\% \pm 8\%$  以内に、口唇閉鎖力を維持でき口唇の調節能力を表す正確率の下顎前突群と正常咬合群の比較を図 8, 表 4 に示す。下顎前突群の正確率の平均値は、上方向  $53.9\%$ 、左上方向  $34.8\%$ 、右上方向  $41.6\%$ 、下方向  $45.7\%$ 、左下方向  $32.9\%$ 、右下方向  $36.3\%$  であった。正常咬合群の正確率の平均値は上方向  $71.4\%$ 、左上方向  $62.1\%$ 、右上方向  $67.8\%$ 、下方向  $70.8\%$ 、左下方向  $58.0\%$ 、右下方向  $60.7\%$  を示した。下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較では、6 方向全てで下顎前突群が有意に小さい正確率を示した（図 8, 表 4）。下顎前突群と正常咬合群の正確率は、両群ともに上方向と下方向で大きい正確率を示した（図 9, 10）。また、正常咬合群では、6 方向全てで  $50\%$  以上の正確率を示し、下顎前突群では、6 方向全てで  $50\%$  より小さい正確率を示した。

下顎前突群と正常咬合群、それぞれの 6 方向別の正確率の比較ではともに有意差がみられた（図 9）。下顎前突群では、上方向が右下方向、左下方向に比べて有意に高い正確率を示した。正常咬合群では、上方向は左下方向よりも有意に高い正確率を示し、下方向は左上方向に比べて有意に高い正確率を示した（図 9, 10）。

## 5. 下顎前突群と正常咬合群の準備時間

口唇閉鎖調節能力の下顎前突群と正常咬合群の準備時間の比較を表 5 に示す。上方向では、下顎前突群が正常咬合群に比べて有意に小さい値を示したが、その他の 5 方向では有意差は認められなかった。準備時間と正確率の関連では、下顎前突群と正常咬合群の両グループで、6 方向いずれにおいても口唇力が目標に到達するまでの時間と正確率の間には、有意な相関は認められなかった（図 11, 表 5）。

## 考察

### 1. 方法

本研究では、口唇閉鎖力を測定する装置として、多方位口唇閉鎖力

測定装置を用いた．正確率の評価については，Miyamoto ら<sup>14)</sup>の開発した方法を用いた．すなわち，多方位口唇閉鎖力測定装置に口唇閉鎖力を表示するモニターを追加して，ビジュアルフィードバックによる口唇閉鎖の調節能力を評価できるシステムを用いた．口唇閉鎖調節能力の 8 方向のうち，Miyamoto ら<sup>14)</sup>の方法と同様に口唇閉鎖力が発揮されにくいことが分かっている左右 2 方向<sup>17)</sup>は研究対象外とし，上下 2 方向と斜め 4 方向(左上方向，左下方向，右上方向，右下方向)の 6 方向を分析の対象とした．それぞれの方向の力について、口唇閉鎖調節能力として解析を行うために 50%の力を目標値とし，± 8%内に調節できたときの時間の割合を算出した．目標値は最大口唇閉鎖力の 50%が最も精度が高く<sup>14)</sup>，正確率の算出に 8%未満を利用すると正確率が低く，8%を超えた割合では正確率が高くなり，個人差が表れにくいことが示されている<sup>14)</sup>．これらのことから，本研究でも Miyamoto らと同じ目標値と正確とする範囲を用いた．

このシステムで測定された口唇閉鎖の調節能力については，成人男性の口唇閉鎖調節能力が成人女性よりも高いことが示されている<sup>14)</sup>．さらに，健常高齢者は健常成人に比べて有意に口唇閉鎖調節能力が低いことも明らかにされている<sup>15)</sup>．このように性差や年齢による相違が認められているので，本研究では成人女性を対象として研究を行った．

過去の報告では，口唇閉鎖開始後に口唇力の波形が急峻な立ち上がりののち目標値付近で平坦になった時点から 3 秒間を分析の対象とされてきた<sup>14,15)</sup>．この方法の場合，正確率を解析する開始時間の決定が測定者の主観に依るところがあり，不正確になる可能性がある．そこで，本研究ではターゲットの点灯から 6 秒間の間の口唇閉鎖力がターゲットの±8%に入っている割合を調べた．ターゲット点灯時からの計測となるため，計測時間を従来の 3 秒から 6 秒に増加して検討した．この方法の場合，計測開始時間の決定に測定者の主観が入らないという利点がある．一方、この値は 6 秒の計測時間の中に被検者のターゲット点灯時から口すぼめに対する反応時間と一定に維持できる口唇の調節能力の 2 つの要素で構成される．そこで，本研究では，測定開始か

らターゲットに達するまでの準備時間を被検者の反応時間とし、この準備時間の早さが正確率に影響するかを調べるために準備時間と正確率の相関を解析した。その結果、下顎前突群と正常咬合群ともに、6方向全てで準備時間と正確率に有意な相関関係が認められなかった。さらに、正常咬合群と下顎前突群の2群の比較では、上方向でのみ下顎前突群の準備期間が正常咬合群よりも有意に小さい値を示したが、上方向の正確率は下顎前突群が正常咬合群よりも有意に低い値を示した。以上から、ターゲット点灯から口唇閉鎖調節能力が目標値に入るまでの時間が正確率に影響を及ぼすことはないと考えられる。すなわち、今回新しく設定した正確率の解析方法は、Miyamotoら、土屋らの方法に比べ計測開始時間の決定が正確で、精度の高い正確率を示していると考えられた。

## 2. 下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力

骨格性下顎前突者の最大口唇閉鎖力については、LipDeCum®を用いた研究では、下顎前突群の最大口唇閉鎖力は正常咬合群よりも口唇閉鎖力は小さいという報告<sup>6,7)</sup>と差を示さなかったという報告<sup>18)</sup>がある。これらの結果の相違は測定装置の違いに加えて、被験者の下顎骨の前後的な位置の違いよると考察されている<sup>18)</sup>。本研究では下顎前突群と正常咬合群との最大口唇閉鎖力は、2群ともにそれぞれ6方向で有意差を示し、下方向が一番大きい値を示した。一方、下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較では、6方向ともに有意差は認められなかった。この結果は、同じ装置を用いたMurakamiら<sup>11)</sup>の結果と一致した。正常咬合群で下方向が大きい値を示す理由は、オトガイ筋による下唇の挙上、会話などの機能運動時に下唇は上唇よりも運動範囲が大きく、下唇閉鎖は重力に拮抗する運動であることなどによると考察されている<sup>11)</sup>。下顎前突群では、Murakamiら<sup>11)</sup>も考察しているように、上下顎骨の前後的な位置の違いを下顎前歯の傾斜で補償する dental compensation を調節するために下方向が上方向よりも大きい値を示すと考えられた。

### 3. 下顎前突群と正常咬合群の正確率

正確率の方向別の下顎前突群と正常咬合群の比較では、6 方向すべてで下顎前突群が有意に低い正確率を示した。側面セファログラムの骨格的の計測値では、下顎前突群の SNA が正常咬合群より有意に小さく、前後的に上顎骨が後方に位置していた。歯系の計測値では、下顎前突群は正常咬合群よりも有意に大きい FMIA と有意に小さい IMPA を示し、下顎前歯の代償性の舌側傾斜がみられた。下顎前突群のオーバージェットは正常咬合群よりも有意に小さく、下顎前突群の上下顎前歯が有意に前後的に離れていた。以上のことから、下顎前突群の口唇閉鎖では、口唇閉鎖時の口唇の垂直的な調節に加え、正常咬合群に比べ前後的な骨格のおよび歯の位置の差を補う前後的な口唇の調節が必要になると考えられる。この違いが、下顎前突群の口唇調節能力が正常咬合群に比べ、6 方向すべてで有意に低い正確率を示したことに関連している可能性が考えられた。

口唇閉鎖は、上下の口唇に存在する「口輪筋」とこれに協調して働く口唇周囲の筋肉（口角挙筋，口角下制筋，頬筋，オトガイ筋）の収縮によって生じ、これらの筋肉の起始は上顎骨あるいは下顎骨にある。下顎前突群は、正常咬合群に比べ、上下顎骨および上下顎前歯の前後的位置の不調和を有していることから、これらの筋肉の走行からも口唇閉鎖の際に前後方向の調節が、正常咬合群よりもより困難になっている可能性が考えられた。

下顎前突群と正常咬合群の正確率をそれぞれ方向別に比較すると、ともに有意な方向特異性が認められた。正常咬合群では、上方向が左下方向よりも有意に高い正確率を示し、下方向が左上方向よりも有意に高い正確率を示した。これは、Miyamoto ら<sup>14)</sup>の結果と異なるが、上方向と下方向の垂直方向の正確率が高いことは一致した。一方、下顎前突群でも 6 方向で方向特異性がみられたが、上方向が右下方向と左下方向よりも有意に大きい値を示したものの、下方向は他の部位と有意差を示さなかった。これも、骨格系および歯系の前後的な調節の



必要性から下顎前突群と正常咬合群の下方向での調節能力に差が出ていると推察された。

口唇閉鎖の調節能力が外科的矯正治療により，正常者と同等になるかは不明であるが，今後，治療前と治療後で比較を行い，口唇閉鎖の調節能力を数値として評価することにより，形態改善後の機能的評価を行いたいと考えている。

## 結 論

1. 最大口唇閉鎖力は，下顎前突群と正常咬合群では有意差は認められなかった。
2. 下顎前突群と個性正常咬合者群の口唇閉鎖の随意的な調節能力は，それぞれ 6 方向で有意差が認められた。正常咬合者群では上方向が左下方向よりも有意に大きく，下方向が左上方向よりも有意に大きい正確率を示した。下顎前突群では，上方向が左下方向と右下方向よりも有意に大きい正確率を示した。
3. 下顎前突群と正常咬合群で比較した 6 方向の正確率は，下顎前突群が 6 方向全てで個性正常咬合者群よりも有意に低い値を示した。

以上の結果から，骨格性下顎前突群の正確率は上方向で高いが，6 方向全てで正常咬合群よりも正確率が低いことが示された。

## 謝 辞

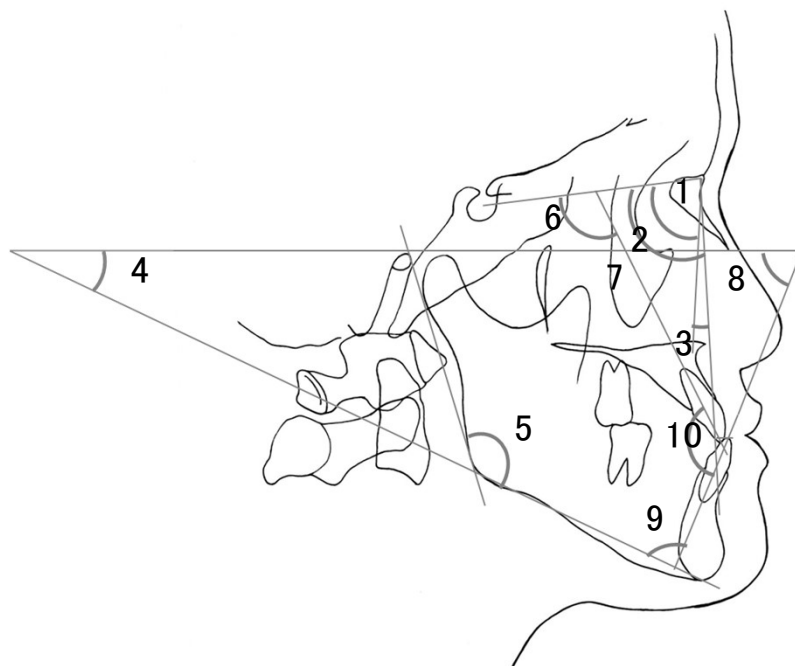
研究を進めるにあたり，素晴らしい研究環境を与えて頂くとともに，多大なる御指導・御助言を賜りました山田一尋教授に謝意を表わすとともに厚く御礼申し上げます。さらに研究上有益な御教示を頂きました増田裕次教授，影山徹准教授に心から厚く御礼申し上げます。

## 文献

- 1) Ahlgren JG, Ingervall BF and Thilander BL (1973) Muscle activity in normal and postnormal occlusion. *Am J Orthod* 64: 445-456.
- 2) Lowe AA and Takada K (1984) Associations between anterior temporal, masseter, and orbicularis oris muscle activity and craniofacial morphology in children. *Am J Orthod* 86: 319-330.
- 3) Jung MH, Yang WS and Nahm DS (2003) Effects of upper lip closing force on craniofacial structures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123: 58-63.
- 4) Brodie AG (1953) Muscular Factors in the Diagnosis and Treatment of Malocclusions. *Angle Orthod* 23: 71-77.
- 5) Moyers RE (1958) *Handbook of Orthodontics*, The Year Book Publishers: 89-110.
- 6) Tsutsui T, Yoshizawa K, Moroi A, Hotta A, Fukaya K, Hiraide R, Takayama A, Tsunoda T, Saito Y, Iguchi R, Kosaka A, Ikawa H and Ueki K (2017) Change in lip closing force in Classes II and III malocclusion before and after sagittal split ramus osteotomy with Le Fort I osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg* 45: 1415-1418.
- 7) Ueki K, Mukozawa A, Okabe K, Miyazaki M, Moroi A, Marukawa K and Nakagawa K (2012) Changes in the lip closing force of patients with class III malocclusion before and after orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 41:835-838.
- 8) Lambrechts H, Baets ED, Fieuws S and Willems G (2010) Lip and tongue pressure in orthodontic patients. *Eur J Orthod* 32:466-471.
- 9) Chen S, Cai Y and Chen F. (2014) Lip closing force of Class III

- patients with mandibular prognathism case control study. *Head Face Med* 10:33. doi: 10.1186/1746-160X-10-33.
- 10) Nakatsuka K, Adachi T, Kato T, Oishi M, Murakami M, Okada Y and Masuda Y (2011) Reliability of novel multidirectional lip-closing force measurement system. *J Oral Rehabil* 38 : 18-26.
  - 11) Murakami M, Adachi T, Nakatsuka K, Kato T, Oishi M and Masuda Y (2012) Gender differences in maximum voluntary lip-closing force during lip pursing in healthy young adults. *J Oral Rehabil* 39: 399-404.
  - 12) Keenan KG and Massey WV (2012) Control of Fingertip Forces in Young and Older Adults Pressing against Fixed Low- and High-Friction Surfaces . *PLOS ONE* 7 : e48193 doi: 10.1371/journal.pone.0048193.
  - 13) Gentil M and Tournier CL (1998) Differences in fine control of forces generated by the tongue, lips and fingers in humans. *Arch Oral Biol* 43: 517-523.
  - 14) Miyamoto T, Yamada K, Hijiya K, Kageyama T, Kato T, Sugo H, Shimono R and Masuda Y (2019) Ability to control directional lip - closing force during voluntary lip pursing in healthy young adults. *J Oral Rehabil* 46: 526-532.
  - 15) 土屋恵子 高齢者における随意的口唇閉鎖調節能力の特性 (2018) 松本歯学 44:92-93.
  - 16) Sassouni V (1953) Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry. *Amer J Orthod* 44 : 433-463.
  - 17) 大石めぐみ, 足立忠文, 安富和子, 中塚久美子, 山田一尋, 増田裕次 (2011) 永久前歯被蓋完成初期における多方位口唇閉鎖力 (Ⅱ) 口唇形態・前歯部被蓋関係との関連. 顎口腔機能誌 17 : 104-112.
  - 18) Doto N and Yamada K. (2015) The relationship between maximum lip closing force and tongue pressure according to lateral craniofacial morphology. *Orthod Waves*. 74:69-75.





- |            |                              |
|------------|------------------------------|
| 1.SNA      | 7.U1 to FH                   |
| 2.SNB      | 8.FMIA                       |
| 3.ANB      | 9.IMPA                       |
| 4.FMA      | 10. Interincisal angle (I-I) |
| 5.Go       |                              |
| 6.U1 to SN |                              |

図1 側面セファログラムの計測項目(角度計測)

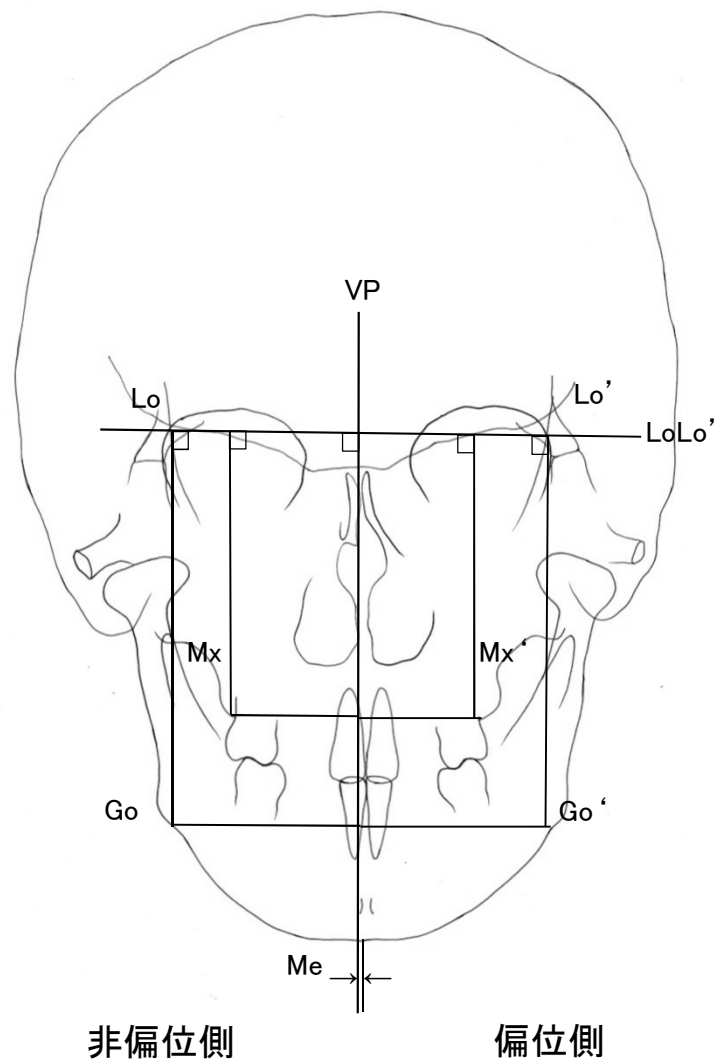
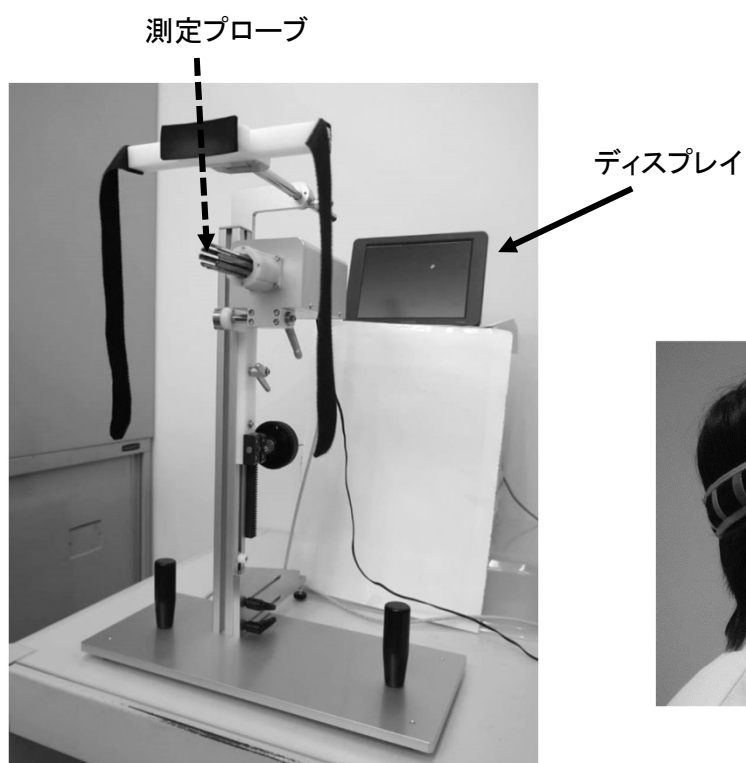


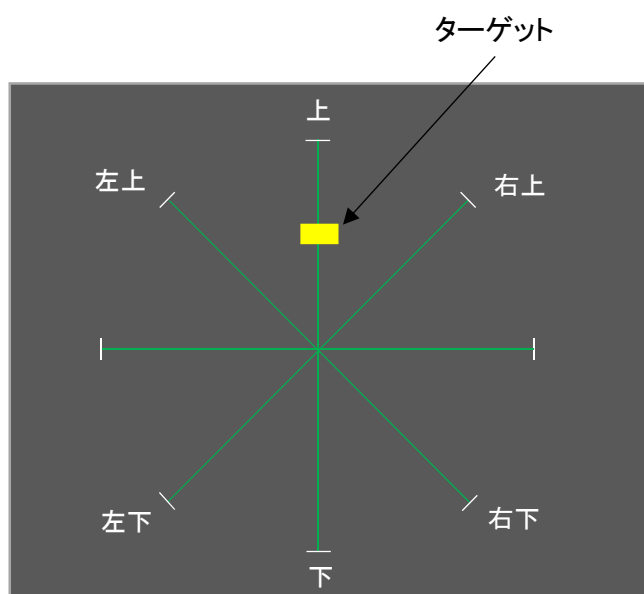
図2 正面セファログラムの計測項目



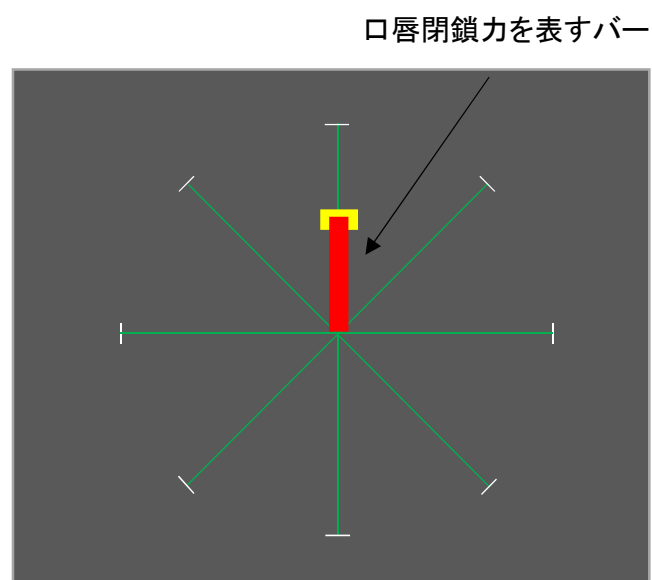
A 多方位口唇閉鎖力測定装置



B 口唇閉鎖力の測定



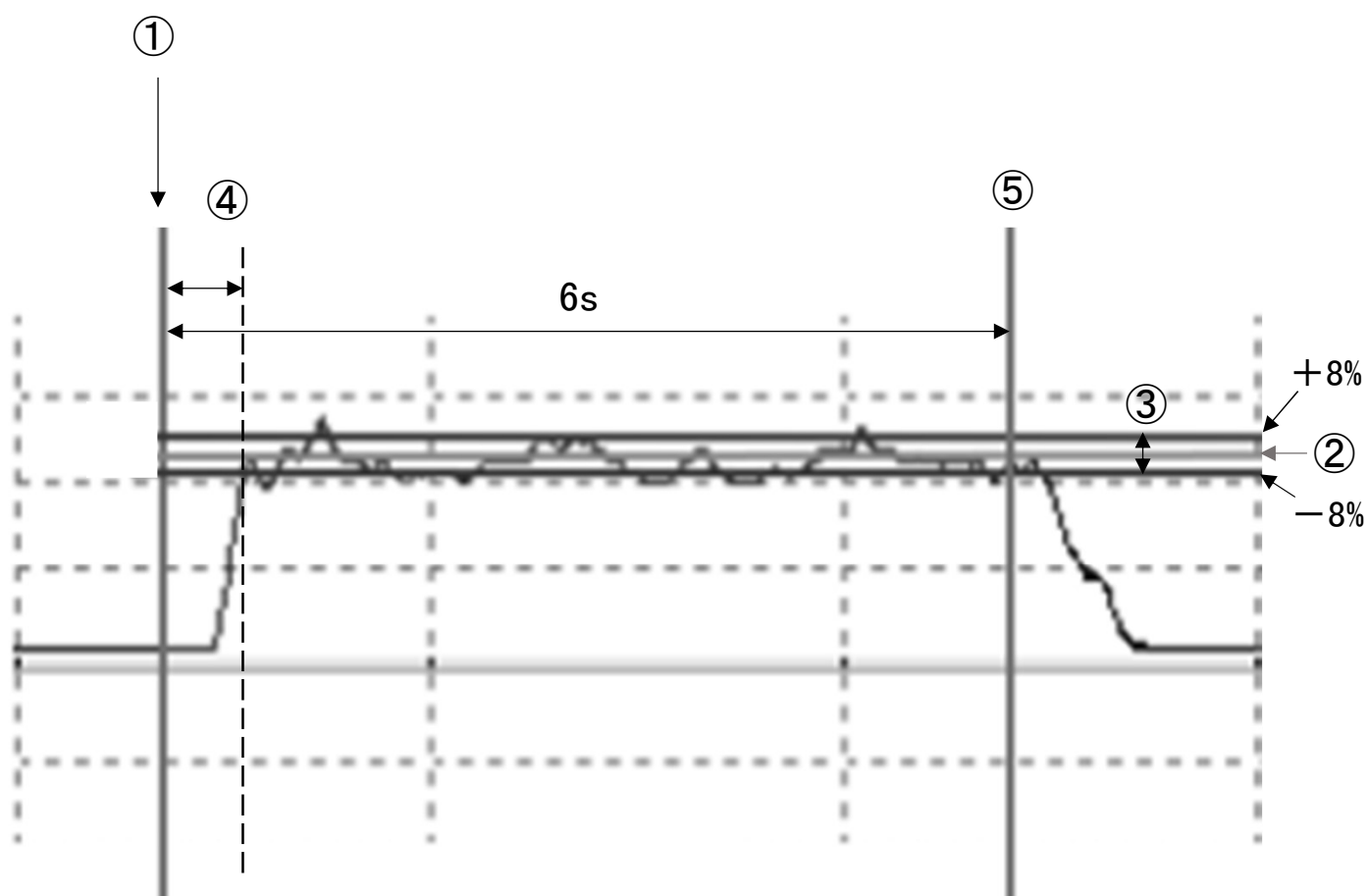
C-1 ターゲット表示



C-2 口すぼめ時

C 被験者前方に設置したディスプレイ

図3 多方位口唇閉鎖力測定装置および測定



- ①ターゲット点灯
- ②目標値
- ③目標値から±8%
- ④口唇閉鎖開始
- ⑤測定終了時間
- ①～④準備時間(ターゲット点灯から口唇閉鎖開始までの時間)
- ①～⑤解析期間(ターゲット点灯から6秒間)

図4 50%の力で口唇閉鎖した時の波形の一部



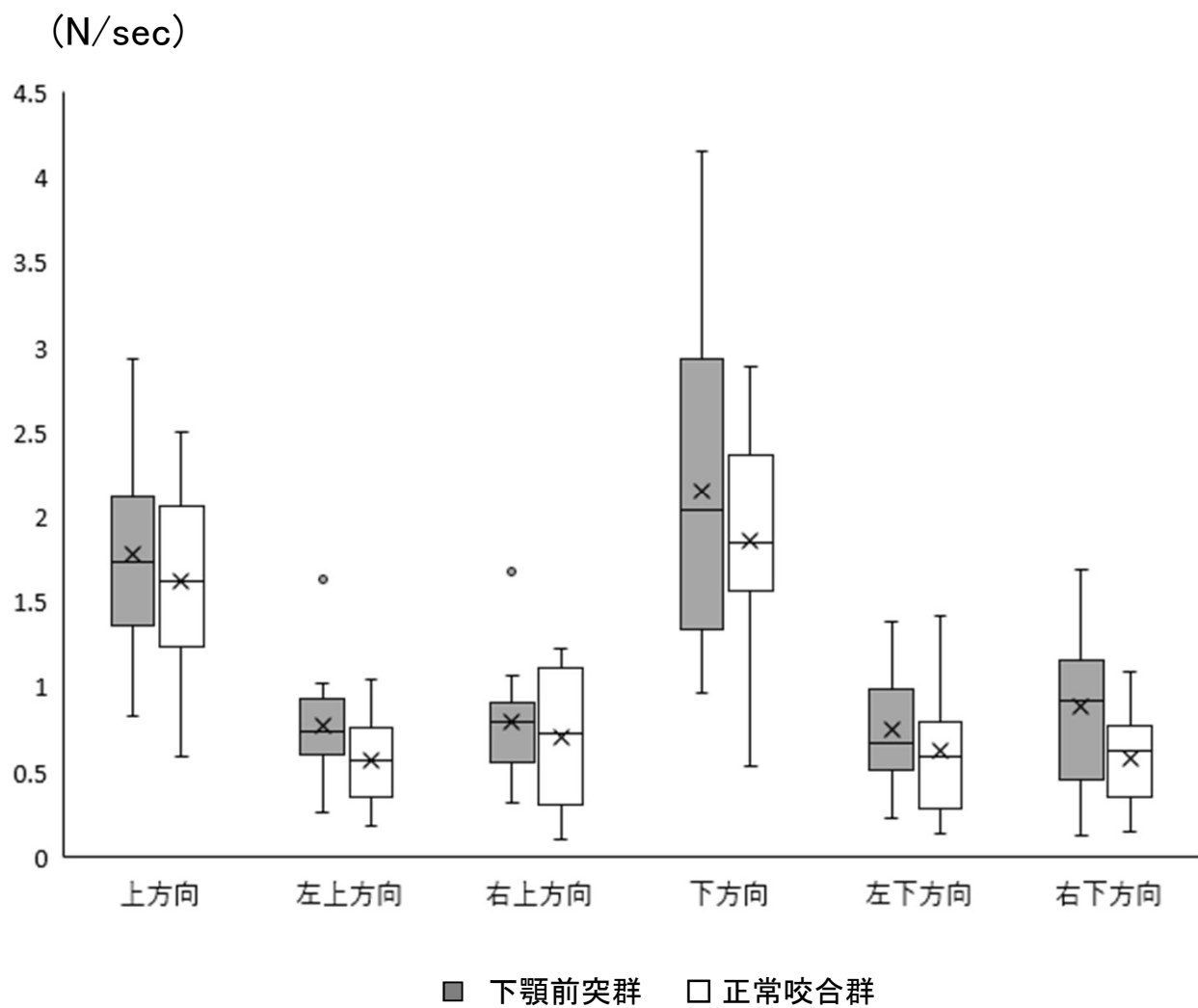


図5 下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較

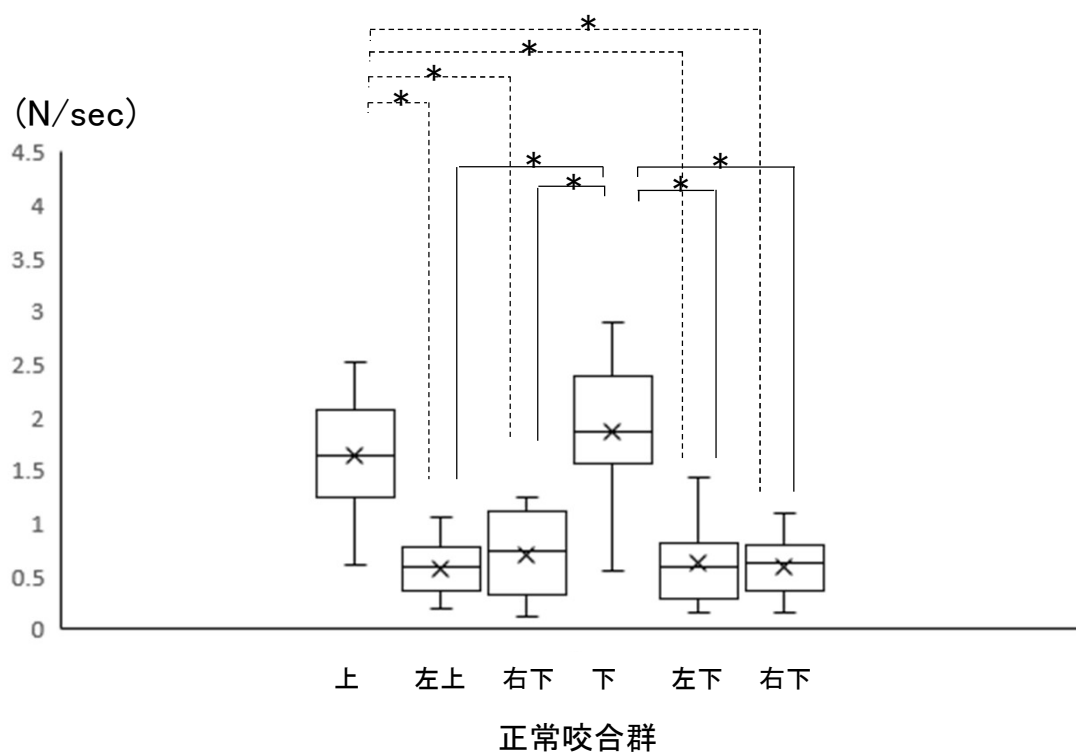
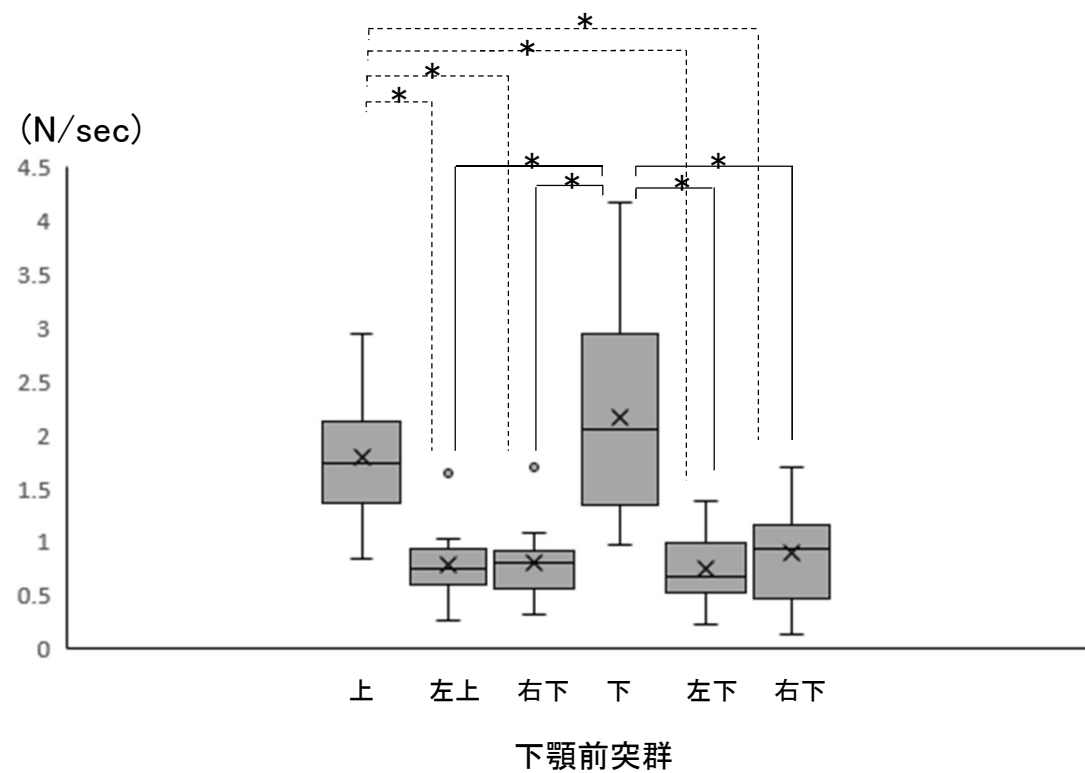
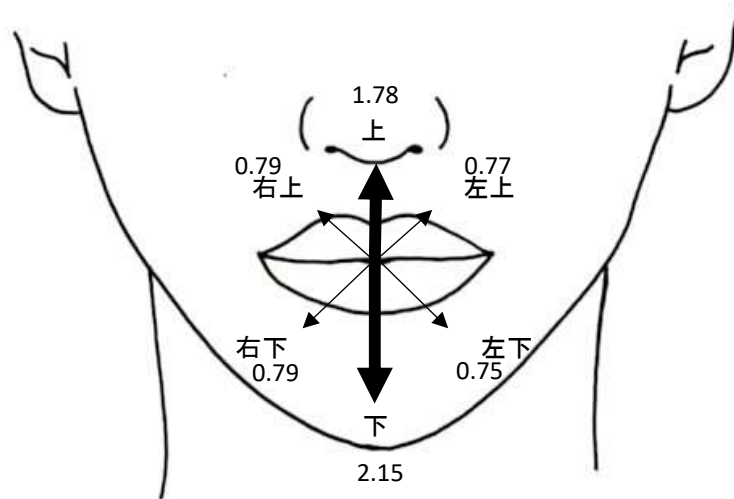
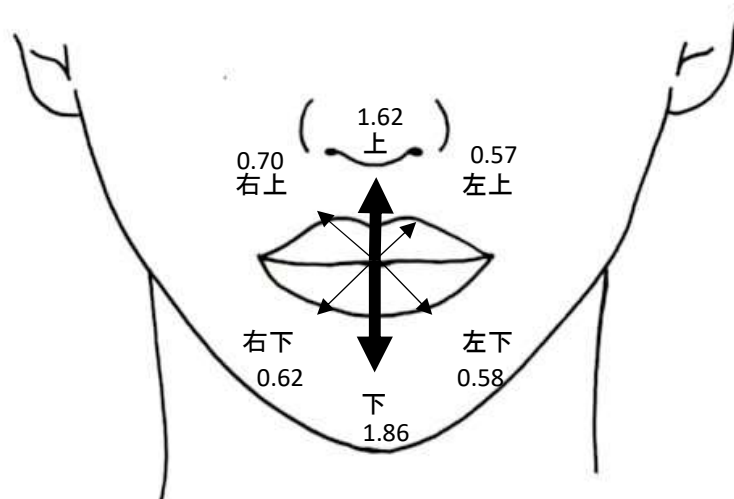


図6 下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力

\* :  $p < 0.05$  (Bonferroni修正を加えたWilcoxon順位和検定)



下顎前突群



正常咬合群

図7 下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較

単位 (N)

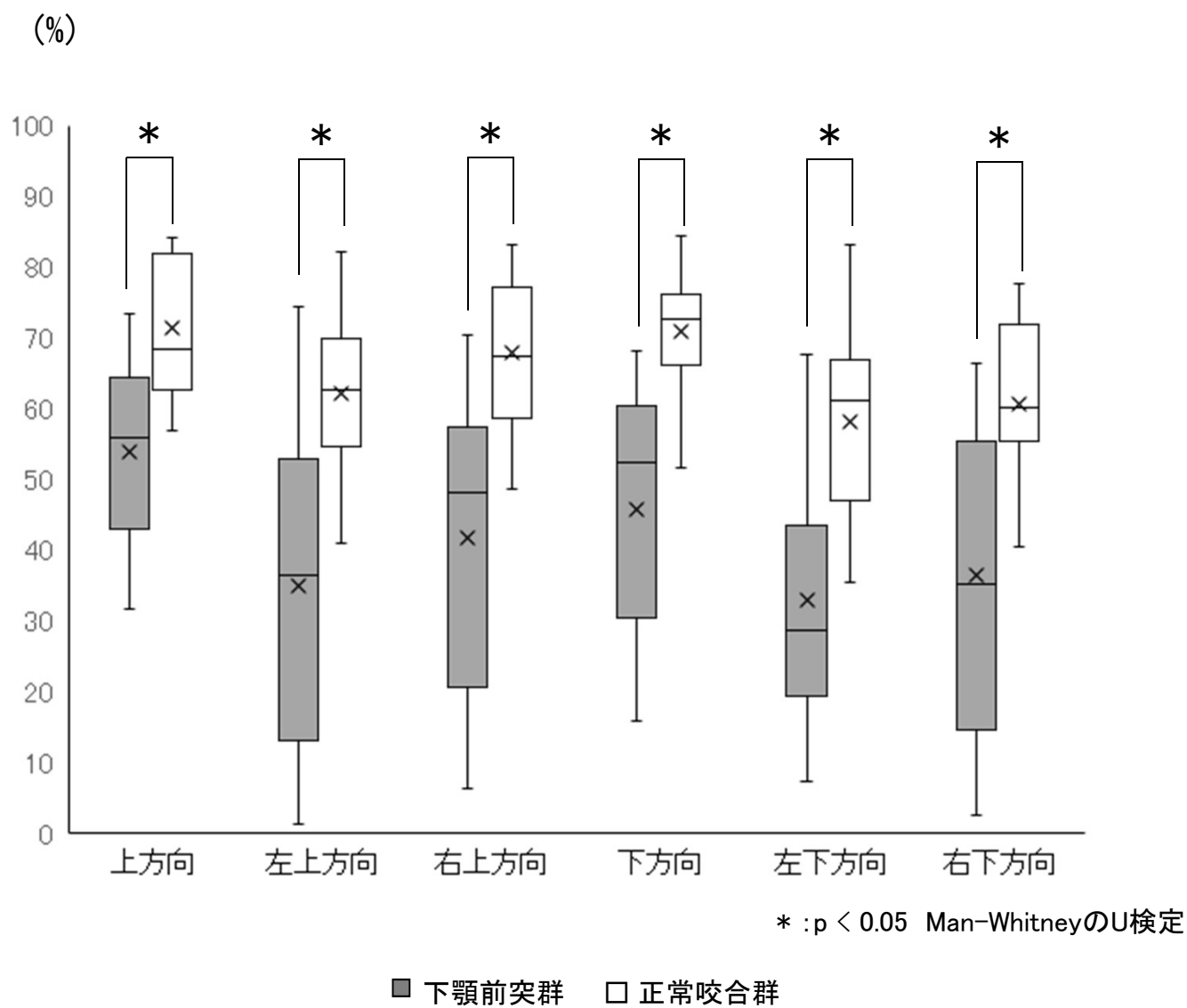


図8 下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較

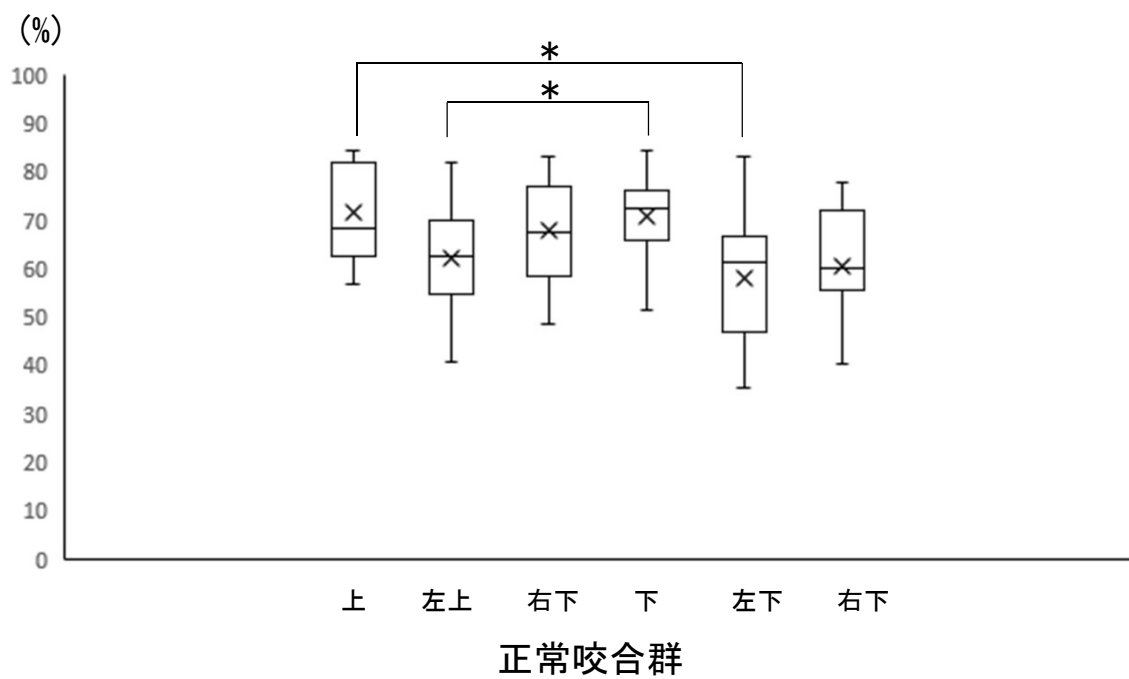
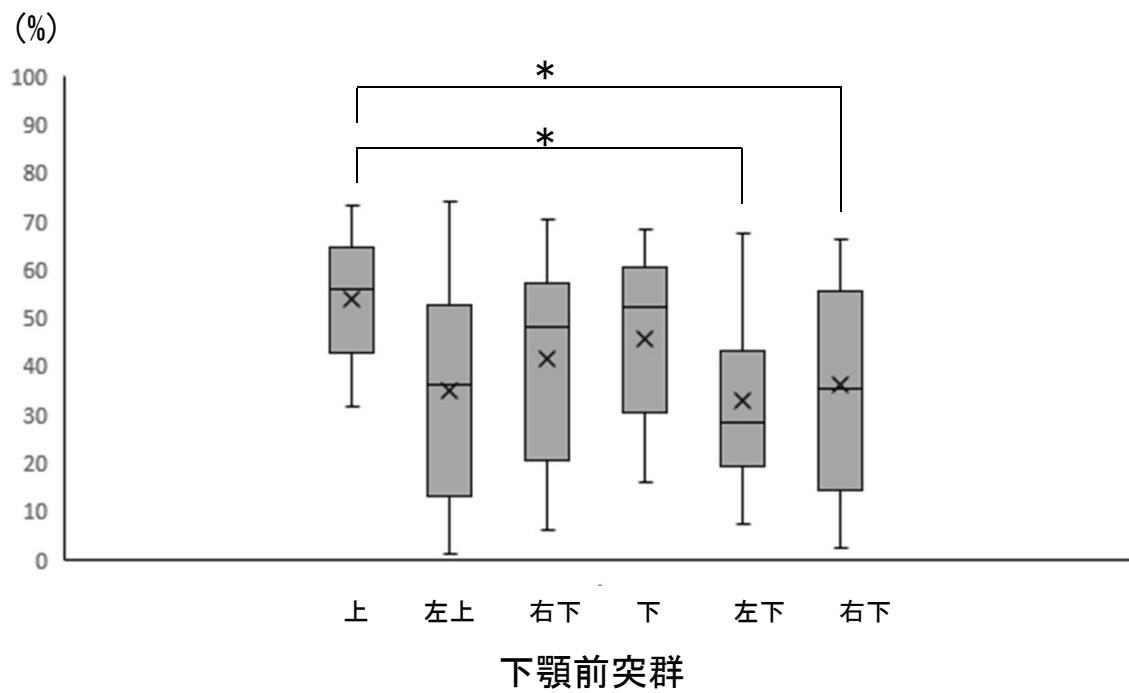
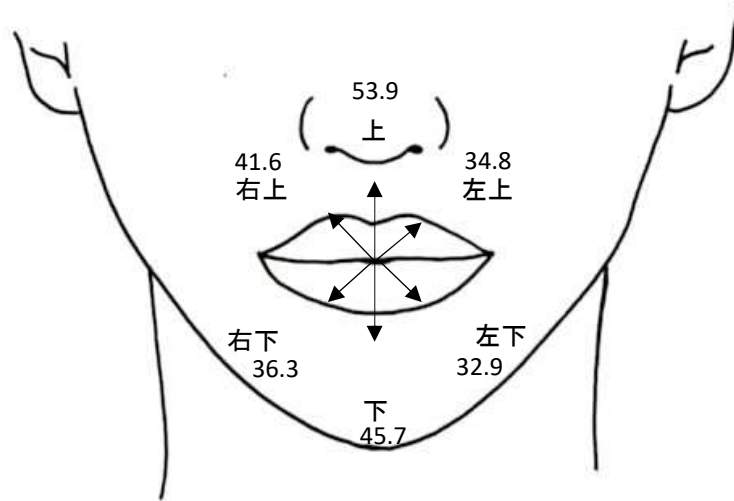
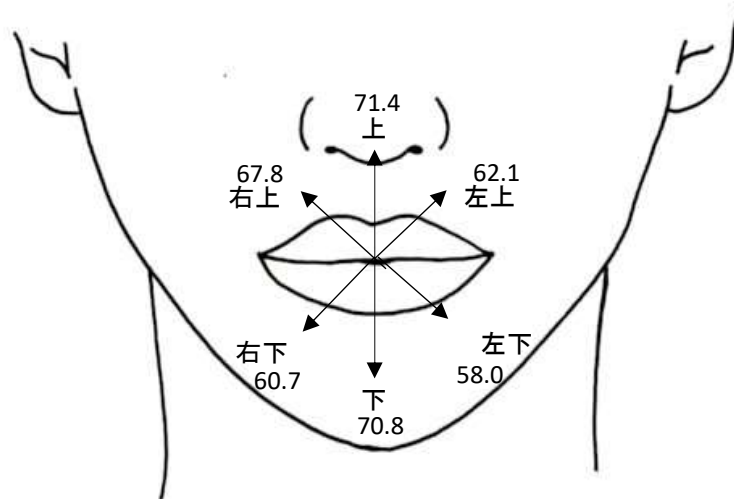


図9 下顎前突群と正常咬合群の正確率

\* :  $p < 0.05$  (Bonferroni修正を加えたWilcoxon順位和検定)



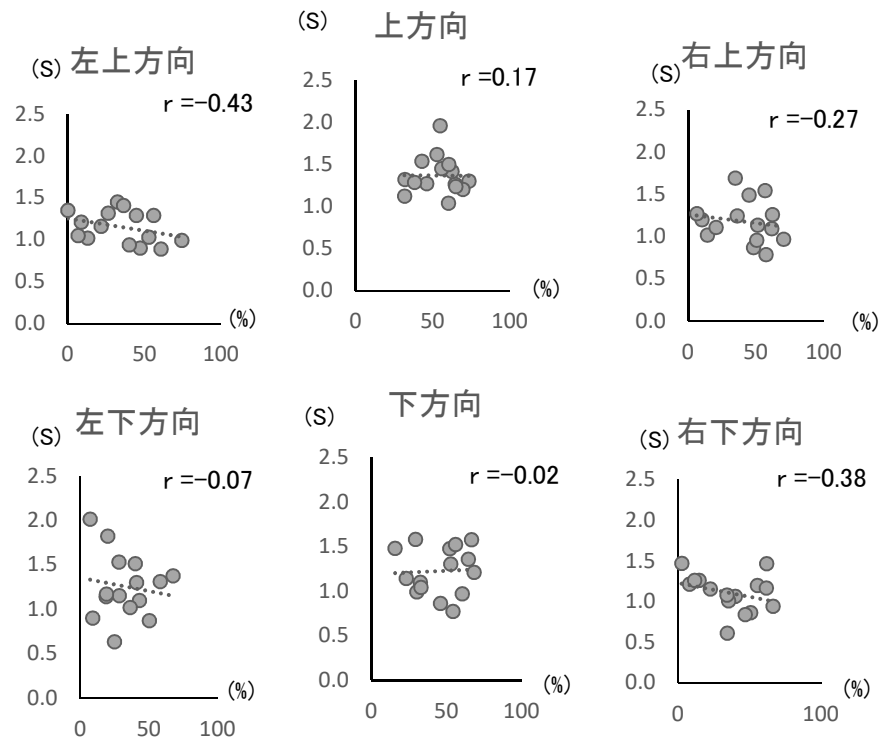
下顎前突群



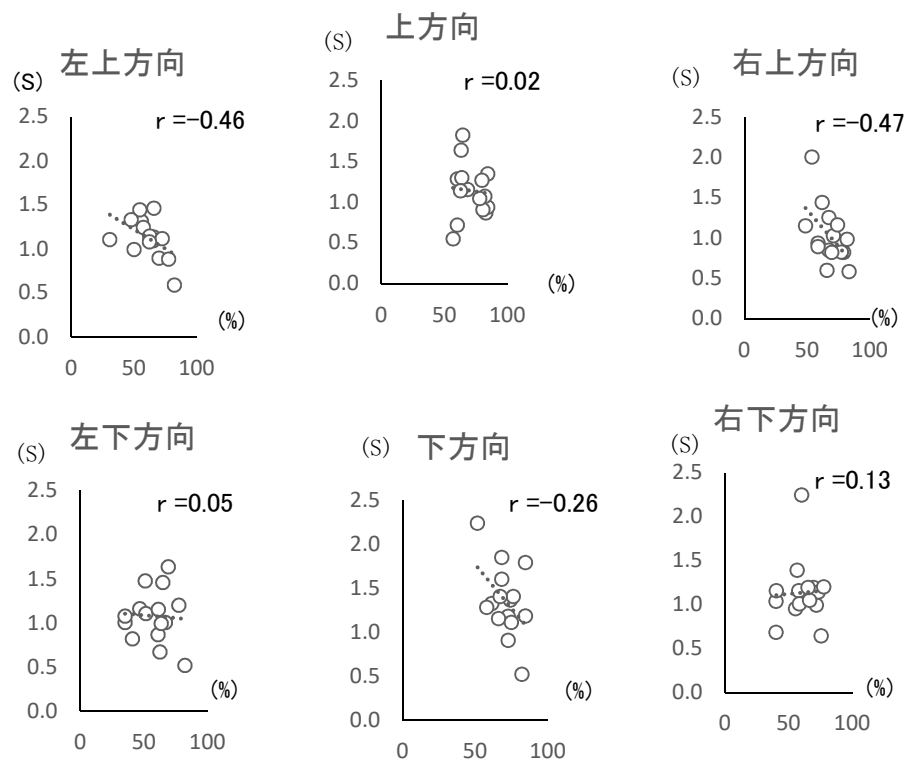
正常咬合群

図10 下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較

単位 (%)



#### A 下顎前突群



#### B 正常咬合群

図11 正確率と準備時間の相関

$r$  : spearmanの順位相関係数

表1 下顎前突群と正常咬合群のセファロ分析の結果

	正常咬合群		下顎前突群		p
	平均	SD	平均	SD	
SNA (degrees)	83.9	3.9	79.9	4.1	0.0106**
SNB (degrees)	81.6	3.9	83.3	3.3	
ANB (degrees)	2.3	1.7	-2.8	3.2	0.000008**
FMA (degrees)	23.5	6.2	25.3	4.4	
Go (degrees)	119.6	8.2	127.0	6.0	0.0086**
U1to SN (degrees)	111.9	8.9	112.9	8.8	
U1to FH (degrees)	118.8	6.8	119.5	10.8	
FMIA (degrees)	55.4	4.7	67.7	7.4	0.000008 **
IMPA (degrees)	101.1	6.0	87.0	9.9	0.0001**
I-I (degrees)	116.5	5.8	126.1	14.1	0.0204**
Overjet (mm)	3.4	1.2	-1.5	1.3	0.0019**
Overbite (mm)	2.5	0.9	1.6	1.9	
Me偏位量 (mm)	1.0	2.3	2.3	1.2	

SD:標準偏差

Man-WhitneyのU検定 \* p < 0.05 \*\* p < 0.01



表2 下顎前突群の正面顔面形態の計測結果

	偏位側		非偏位側		p
	平均	SD	平均	SD	
上顎骨高	69.0	5.1	68.7	5.3	NS
上顎骨幅	29.6	2.8	29.8	3.2	NS
下顎骨高	94.0	5.2	93.8	6.4	NS
下顎骨幅	44.4	4.9	45.1	3.8	NS

単位(mm) NS:Not significant

SD:標準偏差

表3 下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較

	下顎前突群		正常咬合群		p
	平均	SD	平均	SD	
上	1.78	0.51	1.62	0.55	NS
左上	0.77	0.32	0.57	0.28	NS
右上	0.79	0.32	0.70	0.39	NS
下	2.15	0.97	1.86	0.71	NS
左下	0.75	0.35	0.62	0.36	NS
右下	0.79	0.32	0.58	0.28	NS

単位(N) p < 0.05, NS:Not significant  
SD:標準偏差

表4 下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較

	下顎前突群		正常咬合群		p
	平均	SD	平均	SD	
上	53.9	13.2	71.4	10.3	0.0021**
左上	34.8	21.7	62.1	11.3	0.0008**
右上	41.6	20.4	67.8	10.3	0.0002**
下	45.7	16.9	70.8	9.4	0.0001**
左下	32.9	17.4	58.0	14.3	0.0008**
右下	36.3	20.9	60.7	12.6	0.0012**

単位 (%)

SD:標準偏差

Man-Whitney のU検定 \* p < 0.05 \*\* p < 0.01

表5 目標値に到達するまでの時間

	下顎前突群		正常咬合群		p
	平均	SD	平均	SD	
上方向	1.14	0.33	1.37	0.23	0.045*
左上方向	1.12	0.23	1.15	0.19	NS
右上方向	1.02	0.36	1.18	0.25	NS
下方向	1.36	0.41	1.23	0.27	NS
左下方向	1.08	0.30	1.26	0.36	NS
右下方向	1.13	0.36	1.11	0.23	NS

単位(mm) \*  $p < 0.05$ , NS:Not significant  
SD:標準偏差 Wilcoxon順位和検定

## 図表の説明

### 図 1

側面セファログラムの計測項目（角度計測）

### 図 2

正面セファログラムの計測項目

### 図 3

多方位口唇閉鎖力測定装置および測定

A 多方位口唇閉鎖力測定装置

ビジュアルフィードバック用のディスプレイ（矢印）

測定プローブ（矢印点線）

B 口唇閉鎖力の測定

C 被験者前方に設置されたディスプレイ

1 ターゲット表示：黄色四角のマーカーはターゲットを示す。

2 ロすぼめ時：赤いバーは口唇閉鎖力を示す。

### 図 4

50%の力で口唇閉鎖した時の波形の一部

①ターゲット点灯

②目標値

③目標値から±8%

④口唇閉鎖開始

⑤ 測定終了時間

①～④準備時間（ターゲット点灯から口唇閉鎖開始までの時間）

① ～⑤解析期間（ターゲット点灯から 6 秒間）

### 図 5

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較

\*  $P < 0.05$  (Man-Whitney の U 検定)

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較では、6 方向で有意差は認められなかった。

### 図 6

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較

\* :  $P < 0.05$  (Bonferroni 修正を加えた Wilcoxon 順位和検定)

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力をそれぞれの群で方向別にみると、両群ともに、上方向は左上、右上、左下、右下方向に比べて有意に大きく、下方向は左上、右上、左下、右下方向よりも有意に大きい値を示し、方向の違いによる有意な相違が認められた。

#### 図 7

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較（模式図）

下顎前突群と正常咬合群ともに、上下方向が斜め 4 方向に比べて有意に大きい値を示し、方向による特異性が認められた。

#### 図 8

下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較

\*  $P < 0.05$  (Man-Whitney の U 検定)

下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較では、6 方向全てで下顎前突群が有意に小さい正確率を示した。

#### 図 9

下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較

\* :  $P < 0.05$  (Bonferroni 修正を加えた Wilcoxon 順位和検定)

下顎前突群と正常咬合群ともに上方向と下方向で大きい正確率を示した。また、正常咬合群では 6 方向全てで 50%以上の正確率を示し、下顎前突群では 6 方向全てで 50%より小さい正確率を示した。

#### 図 10

下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較（模式図）

下顎前突群と正常咬合群ともに上方向と下方向で大きい正確率を示した。

#### 図 11

A: 骨格性下顎前突者の正確率と準備時間の相関

B: 個性正常咬合者の正確率と準備時間の相関

r: spearman の順位相関係数

下顎前突群と正常咬合群の両群で、6 方向いずれにおいても口唇力が目標に到達するまでの時間と正確率の間には有意な相関は認められなかった。

#### 表 1

骨格性下顎前突者と個性正常咬合者のセファロ分析の結果

(SD: 標準偏差 Man-Whitney の U 検定 \*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$ )

表 2

骨格性下顎前突者の正面顔面形態の計測結果

NS :Not significant SD:標準偏差 (Wilcoxon 符号順位検定)

表 3

下顎前突群と正常咬合群の最大口唇閉鎖力の比較

NS :Not significant SD:標準偏差 (Man-Whitney の U 検定)

表 4

下顎前突群と正常咬合群の正確率の比較

SD:標準偏差 (Man-Whitney の U 検定)

表 5

目標値に到達するまでの時間

NS : Not significant SD:標準偏差 (Wilcoxon 順位和検定 \*  $P<0.05$ )