

学位論文

ビジュアルフィードバックを用いた口唇閉鎖力の随意的調節
の特性

宮本 剛至

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学講座
(主指導教員:山田 一尋 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

Property of voluntary control of lip-closing force using
visual-feedback

Takeshi Miyamoto

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

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

【目的】

これまでの研究は、口唇閉鎖力の評価を最大努力時での絶対的な口唇閉鎖力として検討されてきた。今回、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見ることができるシステムを構築した。本研究では、このシステムが口唇機能の評価法となり得るかどうかを知るための第一歩として、8方向に分けた時の口唇閉鎖調節能力の特徴を、健常成人を対象として調べることを目的とした。さらに、性差の観点からもその特徴を検討することとした。

【対象と方法】

被験者は、健康成人男性 20 名（平均年齢 25.1 ± 3.8 歳）、女性 20 名（平均年齢 23.3 ± 4.7 歳）とした。装置は、多方位口唇力測定装置と被験者自身の発揮する口唇閉鎖力の大きさを視覚的に見ることができる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。これは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、行った。また目標値から $\pm 8\%$ （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。被験者にはサブディスプレイ上に表示された目標に 5 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。

【結果および考察】

最大口唇閉鎖力を男女間で比較すると、各方向において男性の最大口唇閉鎖力は女性の最大口唇閉鎖力よりも有意に高い値を示した。過去の多方位口唇閉鎖力に関する研究で、最大口唇閉鎖力の大きさは小児、成人、高齢者のいずれの年代においても上下方向の口唇閉鎖力が斜め方向よりも大きいことが報告されている。本研究でも、これら過去の報告と同様の結果が得られた。さらに、男性の方が女性よりも大きいことも過去の研究の結果と一致する。

男女間で正確率を比較すると男性の方が女性よりも下方向，左下方向，右下方向の正確率が高かった．つまり男性の方が下唇 3 方向の調節能力が高いことが示された．男性における方向別の正確率では，上方向が左上方向より有意に正確率が高かった．女性においても上方向が左下方向より有意に正確率が高く，下方向が左下方向より有意に正確率が高いことが示された．この方向別の正確率の相違は口すぼめ時にどの方向を意識するかにより原因があると考えられた．すなわち日常の口唇閉鎖機能を考えると，捕食，咀嚼，嚥下および呼吸時に上下口唇を合わせるという口唇閉鎖（リップシール）が重要である．このような運動は上下的な口唇の運動である．口唇を閉鎖する行動には上下方向を意識した方が行いやすいという脳機構が存在する可能性が考えられた．

以上の結果から，口唇閉鎖力は正中部で上下方向の強さを調節する方が容易で，性差があることが示された．

本研究では，最大口唇閉鎖力は個人間でのばらつきが大きく，口唇機能が正常に営まれていることの直接的な評価となり難いと考え，ビジュアルフィードバックによる口唇閉鎖力の調節能力を機能評価のひとつに出来ないかとの発想により進めた．しかし，本研究の結果から，健常成人においても正確率のばらつきは大きく，正確率が直接的な機能評価に使えるかどうかについては，さらなる研究が必要と思われる．

緒言

歯の配列を決定する最も重要な因子の一つとして、口唇と舌から歯列に加わる力が均衡していることが挙げられる¹⁻³⁾。すなわち、顎顔面領域の成長発育と口唇閉鎖力の関連は **Buccinator Mechanism** として歯科矯正学領域で以前より受け入れられ^{4,5)}、日常臨床においても筋機能療法の治療に広く応用されている。

これまでの口唇閉鎖力に関する研究は上下口唇全体の口唇閉鎖総合力を測定した研究が多い⁶⁻⁹⁾。また上下口唇閉鎖力を別々に測定した研究はみられる^{3,7,10,11)}が、上下口唇閉鎖力を同時に測定し、上下口唇のバランスを検討した研究はまだほとんど行われていなかった。そこで、口輪筋の構造に着目し、口唇の口すぼめ運動時に上下口唇を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¹²⁾。この装置を用いて、正常咬合者の小児^{13,14)}や高齢者¹⁵⁾、および成人¹⁶⁾に対しての測定が行われている。さらに近年、Murakamiら¹⁷⁾は上下口唇閉鎖力の垂直方向の対称性と側面顔面形態における上下顎骨の前後的位置、上下顎前歯歯軸傾斜角の関連について¹²⁾、Mizunoら¹⁸⁾は上下口唇閉鎖力の水平方向対称性と正面顔面形態との関連について、口唇閉鎖力のバランスと顎顔面形態の関係を明らかにしている。このように、口唇閉鎖機能が顎顔面形態に関連していることが示されている。

これらの研究は、口唇閉鎖力の評価を最大努力時での絶対的な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て力の調節能力を調べようとした研究がこれまで行われてきた。Keenanら¹⁹⁾は若年者と高齢者における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²⁰⁾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²⁰⁾

は、口唇と歯にサポートを置いた装置と、オシロスコープを用いて、口唇の力を視覚的に捉えられるようにしている。また、同じ装置を被験者の卓上に設置し、指の調節能力を測定できるようにした²⁰⁾。これらの結果から、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が示されている²⁰⁾。

そこで、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評価できるシステムを構築した。本研究では、このシステムが口唇機能の評価法となり得るかどうかを知るための第一歩として、8方向に分けた時の口唇閉鎖調節能力の特徴を、健常成人を対象として調べることを目的とした。さらに、性差の観点からもその特徴を検討することとした。

実験材料及び方法

1. 被験者

被験者は、健康成人男性 20 名(平均年齢 25.1 ± 3.8 歳)、女性 20 名(平均年齢 23.3 ± 4.7 歳)とし、第三大臼歯以外に歯牙の欠損がない者とした。本研究では、除外基準を、

- 1) overjet が 0mm 以下, overbite が 0mm 以下もしくは 5mm 以上,
- 2) 過去に矯正治療経験のある者
- 3) 先天異常を認めた者
- 4) 視覚障害を認めた者
- 5) 脳神経疾患を認めた者

とした。

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 0167 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. 測定方法

(1) 多方位口唇閉鎖力測定装置

松本歯科大学で開発された多方位口唇閉鎖力測定装置（特許番号：特許 4554630）（㈱プロシード，長野）と，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 1）．多方位口唇閉鎖力測定装置のプローブ部は，直径 2cm で円柱状の燐青銅製ひずみゲージが用いられた．口唇閉鎖力の測定は，プローブ部にディスプレイのシリコン製カバーを被せて行った．

(2) 口唇閉鎖調節能力測定

口唇閉鎖調節能力測定のために，被験者自身の発揮する口唇閉鎖力の大きさを視覚的に見ることができるようシステムを構築した．目標値は，最大努力での口唇閉鎖力の 50% の力とし，方向による口唇閉鎖調節能力の相違を検討した．以下にその詳細を示す．

1) 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ブが平行（水平方向）になるように位置づけ，バンドで固定した．各試行では被験者は上唇と下唇でプローブをはさみ，最大努力で 5 秒間すぼ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，口すぼめ運動中に，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状態を改善した後，記録を再開した．各被験者の最大口唇閉鎖力の 3 回の試行の平均値を，各被験者の最大口唇閉鎖力とした．

2) 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¹⁶⁾ 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 で被験

者の顔から約 50cm 前方に設置したディスプレイを図 2 に示した。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口唇閉鎖力の座標が表示される。最大口唇閉鎖力の 50%の値を目標と設定し、ディスプレイ上では黄色の点で表示されるようにした。例えば上方の口唇閉鎖力を測定するときは放射状の座標の上方に 50%の黄色の点が表示される。また目標の点は各方向の座標の中心に表示されるように統一した。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。本研究では、このディスプレイに目標を表示し、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。すなわち目標に赤色のバーの先端が維持されるように力を発揮することを指示した。また被験者には 5 秒間目標に維持することを指示し、その測定を連続で 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。

3. 波形解析および統計解析

1) 正確とする範囲の検討

無作為に選出した 10 人の成人男性被験者において、口唇閉鎖力が発揮されてからの 3 秒間で、ターゲットとした値の $\pm 3\%$ 、 5% 、 8% 、 10% 、 15% 内に維持できた時間を分析し、3 秒間に対する割合を正確率とした。

2) 波形解析

図 3 のグラフは多方位口唇閉鎖力測定装置により得られた 1 方向の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中の目標値付近で平坦になる傾向がある。この平坦になった時点から 3 秒間を分析の対象とした。①は今回の実験で分析対象とする 3 秒間を表している。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。③の区間で示す最大口唇閉鎖力の

50%の目標値から±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) 統計解析

最大口唇閉鎖総合力および多方位口唇閉鎖力の統計解析は、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。多方位口唇閉鎖力および調節能力の方向別の相違は、繰り返しのある一元配置分散分析、その後の検定として Bonferroni test を用いた。男女間では unpaired t 検定により比較検討を行った。

結果

口唇閉鎖時の 8 方向の口唇閉鎖力を示す波形は図 4 のように表される。A の波形は最大努力で口唇閉鎖を 3 回行った時の波形を表している。B の波形は最大努力の 50%の力で、上方向に目標を設定して、維持するように指示した時の結果を表している。A と B の波形を比較したときに、B は最大努力の 50%の力で口唇閉鎖を行っているので各方向の波形が小さくなっていることが示されている。

1. 正確とする範囲の検討

図 5 は予備実験として正確率の範囲を決定するときの、10 人の被験者の口唇閉鎖調節能力を算出した時の結果である。ターゲットとした値から±3%、5%を正確範囲として算出すると 6 方向で正確率が低く、10%や 15%にすると正確率が高くなり、正確率の差を解析することが困難となる可能性があった。これらのことから、今回の実験では 8%を選び、すべてのデータの解析を行った。

2. 男女、方向別の最大口唇閉鎖力の比較

最大口唇閉鎖力を男女間で比較すると、6 方向全てにおいて男性の最大口唇閉鎖力は女性の最大口唇閉鎖力よりも有意に高い値を示した(図 6)。また男性、女性ともに、各方向に有意な差があるこ

とが示された。すなわち，上および下方向の最大口唇閉鎖力は，上唇および下唇の斜め4方向の最大口唇閉鎖力よりも有意に高い値を示した。

3.6 方向別正確率の男女の比較

男女別，方向別の正確率を図7に表す。男女間で比較すると男性の方が女性よりも下方向，左下方向，右下方向の正確率が高かった。すなわち男性の方が下唇3方向の調節能力が高いことが示された。

4. 男女別の6方向の正確率の比較

男性における方向別の正確率では一元配置分散分析により，各方向に有意な差があることが示された(図7)。Bonferroni testにより，上方向が左上方向より有意に正確率が高かった。女性においても各方向に有意な差があることが示され，上方向が左下方向より有意に正確率が高く，下方向が左下方向より有意に正確率が高いことが示された(図7)。

5. 男女別の最大口唇閉鎖力と正確率の相関

男性では左下方向において最大口唇閉鎖力と正確率の中程度の相関が認められた(図8)。しかし，他の5方向では相関は認められなかった。また，女性では6方向，すべての方向で最大口唇閉鎖力と相関は認められなかった(図9)。

考察

1. 口唇閉鎖調節能力の測定

本研究では，口唇閉鎖調節能力を測定するためのシステムを構築した。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。本装置は，8本の燐青銅製のひずみゲージを用いて上唇の正中部，左上部，右上部，下唇の正中部，左上部，右上部，および口唇の左側部と右側部の測定が同時に可能である。従来明らかにされていなかった口唇閉鎖調節能力を8方向に分けて測定できる。ただし，左右の2方向の測定は不確実性が示されているので，

本研究では 6 方向の口唇閉鎖の調節能力の比較を行った。本測定装置の測定精度については、Nakatsuka ら¹²⁾が成人正常咬合者を用いて、今回と同じ測定条件で口唇閉鎖力の測定精度と口唇閉鎖力と筋電図を用いた口輪筋活動量との関連を計測し、各方向別口唇閉鎖力、総合力ともに優れた測定精度を有している。さらに、口すぼめ運動時に活動する主要な筋とされる口輪筋活動量と口唇閉鎖力の間には高い相関を示したことを報告していることから、本研究での口唇閉鎖の調節能力も口輪筋活動が主体となっていると考えられる。

口唇閉鎖の調節能力をビジュアルフィードバックによる調節として評価した。口腔の動きは本来、視覚的な調節ができないが、下顎のポジション^{21,22)}や口唇および舌の発揮する力²⁰⁾を調節する能力の研究にビジュアルフィードバックが用いられている。サルを用いた研究で、ビジュアルフィードバックにより咬合力²³⁾や舌突出運動^{24,25)}を調節する研究も用いられている。このような動物実験から、大脳皮質運動野や感覚野がこのような調節運動に関与していることが明らかとなっている。本実験でのビジュアルフィードバックによる調節も中枢神経の関与が大きいと考えられる。

本研究ではビジュアルフィードバックの目標値を最大口唇閉鎖力の 50%とした。これまでの口唇閉鎖の研究では、目標値をどの被験者にも同じ大きさを用いている研究があるが、目標値の大きさによって、調節能力がことなることが示されている²⁰⁾。本研究では多方位口唇閉鎖力として 8 方向を測定したため、方向間で最大口唇閉鎖力の大きさが異なり、また個人差も大きいことを考慮し、最大口唇閉鎖力の 50%を目標値とした。

また目標値に到達したときの正確とする範囲は予備実験から±3%、5%を正確範囲として算出すると 6 方向で正確率が低く、10%や 15%にすると正確率が高くなり、正確率の差を解析することが困難となる可能性があったので 8%とした。本実験では、目標値を示す点の大きさを目標値±8%とした。過去の研究で、構音器官とし

での口唇や舌の力の調節において一定の力を維持する際に 1 N を発揮する際の標準偏差は男性で 0.07 N，女性で 0.09 N であると報告されている²⁰⁾。つまり，標準偏差の値が目標値の 7～9% ということになり，本実験での正確とする範囲の 8% は妥当な大きさであったと考えられる。

2. 最大口唇閉鎖力について

過去の多方位口唇閉鎖力に関する研究で，最大口唇閉鎖力の大きさは小児，成人，高齢者のいずれの年代においても上下方向の口唇閉鎖力が斜め方向よりも大きいことが報告されている¹²⁻¹⁵⁾。本研究でも，これら過去の報告と同様の結果が得られた。さらに，男性の方が女性よりも大きいことも過去の研究の結果と一致する。

3. 口唇閉鎖調節能力について

1) 方向による相違について

本研究結果から，口唇閉鎖の調節能力は男性においても女性においても，上下方向が斜め方向に比べて優れていることが示唆された。過去の研究でこのような方向別の検討をした研究はなく，本研究結果は口すぼめ運動の調節機能に新しい知見をもたらすものである。これは，最大口唇閉鎖力が斜め方向の力に比べて上下方向の力が大きいことに起因する可能性が考えられる。しかし，1つの方向における，最大口唇閉鎖力と正確率の相関を調べると必ずしも有意な相関が得られなかったことから，最大口唇閉鎖力が大きいと調節能力が高いということにはならない。ビジュアルフィードバックを用いた口唇閉鎖の調節は随意的な運動であり，被験者の意識が影響すると考えると，方向別の相違は口すぼめ時にどの方向を意識するかによる原因があると考えられる。日常の口唇閉鎖機能を考えると，捕食，咀嚼，嚥下および呼吸時に上下口唇を合わせるという口唇閉鎖（リップシール）が重要である。このような運動は上下的な口唇の運動である。口唇を閉鎖する行動には上下方向を意識した方が行いやすいという脳機構が存在する可能性が推察される。

2) 男女間での相違について

性別による調節能力の比較から，男性の方が女性よりも下方向での調節能力が優れているという結果が得られた．この結果は男性の方が女性よりも最大口唇閉鎖力が大きいことによる可能性が考えられるが，上述のように，本研究での最大口唇閉鎖力と正確率の相関の結果から，必ずしも最大口唇閉鎖力が大きいと調節能力が高いということは示さなかった．さらに，上，右上および左上方向も男性の最大口唇閉鎖力の方が大きいにもかかわらず，正確率に有意差が認められなかったことは，最大口唇閉鎖力が調節能力に大きく影響しないことを支持する結果である．上下唇に分けて口唇閉鎖力の調節能力を男女間で調べた研究でも，男性の方が運動の速度が速く，正確性も高いことが報告されている²⁰⁾．さらに，この男女の相違は，下唇に認められ²⁰⁾，本研究の結果と類似している．Murakamiらは，成人男女の多方位口唇閉鎖力を測定して，男女間で比較した結果，力の大きさのみならず，口唇閉鎖力の方向バランスも異なることを明らかにしている²⁶⁾．彼らは，男女間で口唇閉鎖力の方向バランスが異なることは，男女間における口唇閉鎖の中枢性の出力の相違や表情筋の形態的な多様性が男女間で異なる可能性を考察している．同様に，Gentilらは，男女の口唇閉鎖力の調節能力を比較したときに，反応時間は女性の方が男性よりも早かったが，一定の力で維持する能力は男性の方が高いと結論付けており，これらの違いは男女の形態学的な違いが原因である可能性があると報告している²⁰⁾．さらに，Houstis and Kiliaridisらは，自らが笑顔を作るときに，その表情筋の動きに性差がみられ，笑顔を作る頻度や笑顔に対する社会的な必要性が男女間で相違があることを示唆している²⁷⁾．今回の口唇閉鎖の調節能力における男女差も社会における表情づくりの男女差と関係がある可能性がある．

本研究では，最大口唇閉鎖力は個人間でのばらつきが大きく，口唇機能が正常に営まれていることの直接的な評価となり難いと考え，ビジュアルフィードバックによる口唇閉鎖力の調節能力を機能評価のひとつに出来ないかとの発想により進めた．しかし，本研究

の結果から，健常成人においても正確率のばらつきは大きく，正確率が直接的な機能評価に使えるかどうかについては，さらなる研究が必要と思われる．一方で，佐々木らは，ビジュアルフィードバックが運動に与える影響について，バスケットボールのレイアップシュートの練習に，ビジュアルフィードバックは効果があることを示している²⁸⁾．口腔領域の運動に関しても，運動の調節能力の向上に役立つと考えられる．今後は日常生活で使用頻度の高い口唇閉鎖の調節能力を検討することによって，歯科臨床の現場などで，口唇機能向上あるいは口唇機能向上の評価に，本研究で構築したシステムが有用となる可能性がある．

結論

1. 口唇閉鎖の随意的な調節能力は，垂直方向（上，下）の方が斜め方向（右上，右下，左上，左下）よりも高いことが明らかとなった．
2. 男女別に比較した 6 方向の正確率は，男性では上方向の正確率が左上方向よりも有意に高い値を示した．また女性では，上方向の正確率が左下方向，右下方向よりも有意に高い値を示し，下方向の正確率が左下方向よりも有意に高い値を示した．
3. 男女で比較した方向別の正確率は，下方向，左下方向，右下方向において男性の正確率の方が有意に高く，下 3 方向には特に性差があることが示唆された．

以上の結果から，口唇閉鎖力は正中部で上下方向の強さを調節する方が容易で，性差があることが示された．

謝辞

本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顎口腔機能制御学講座 増田裕次 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 : 445-56.
- 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 : 319-30.
- 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) Ingervall B and Janson T (1981) The value of clinical lip strength measurements. Am J Orthod 80 : 496-507.
- 7) 齋藤浩子, 河内満彦, 冨塚亮, 金高弘恭, 三谷英夫 (2001) 筋機能訓練療法による口唇圧・舌圧の変化に関する研究－外科的矯正治療を施した骨格性開咬症例を対象として－東北矯歯誌 9 : 48-56.
- 8) 金尾晃 (2009) 発達期における口唇閉鎖力の横断的研究. 岡山歯誌 28 : 1-11.
- 9) 佐橋喜志夫, 近藤俊 (2004) 小児の上唇小帯の付着位置が口唇閉鎖に及ぼす影響. 小児歯誌 42 : 661-67.

- 10) Jung MH, Yang WS and Nahm DS (2010) Maximum Closing Force of Mentolabial Muscles and Type of Malocclusion. Angle Orthod 80 : 72-9.
- 11) Lambrechts H, Baets ED, Steffen F and Guy W (2010) Lip and tongue pressure in orthodontic patients. Eur J Orthod 32 : 466-71.
- 12) 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.
- 13) 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 (2010) 永久前歯被蓋完成初期における多方位口唇閉鎖力(I)その特性と体格・体力との関連. 顎口腔機能誌 17 : 11-21.
- 14) 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 : 104-12.
- 15) 山口正人,足立忠文,大石めぐみ,中塚久美子,横井磯子,吉成伸夫,黒岩昭弘,増田裕次(2011) 健常高齢者における多方位口唇閉鎖力ーその特性と体格・握力・残存歯との関連, 顎口腔機能誌 17 : 126-34.
- 16) 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.
- 17) Murakami M, Masuda Y, Kanazawa M, Mizuno R and Yamada K (2014) Relationship between balance of upper and lower lip-closing forces during pursing-like lip-closing and lateral craniofacial morphology. J Res Pract Dent 2014 : Article ID 171681.
- 18) Mizuno R, Yamada K, Murakami M, Kaede K and Masuda Y

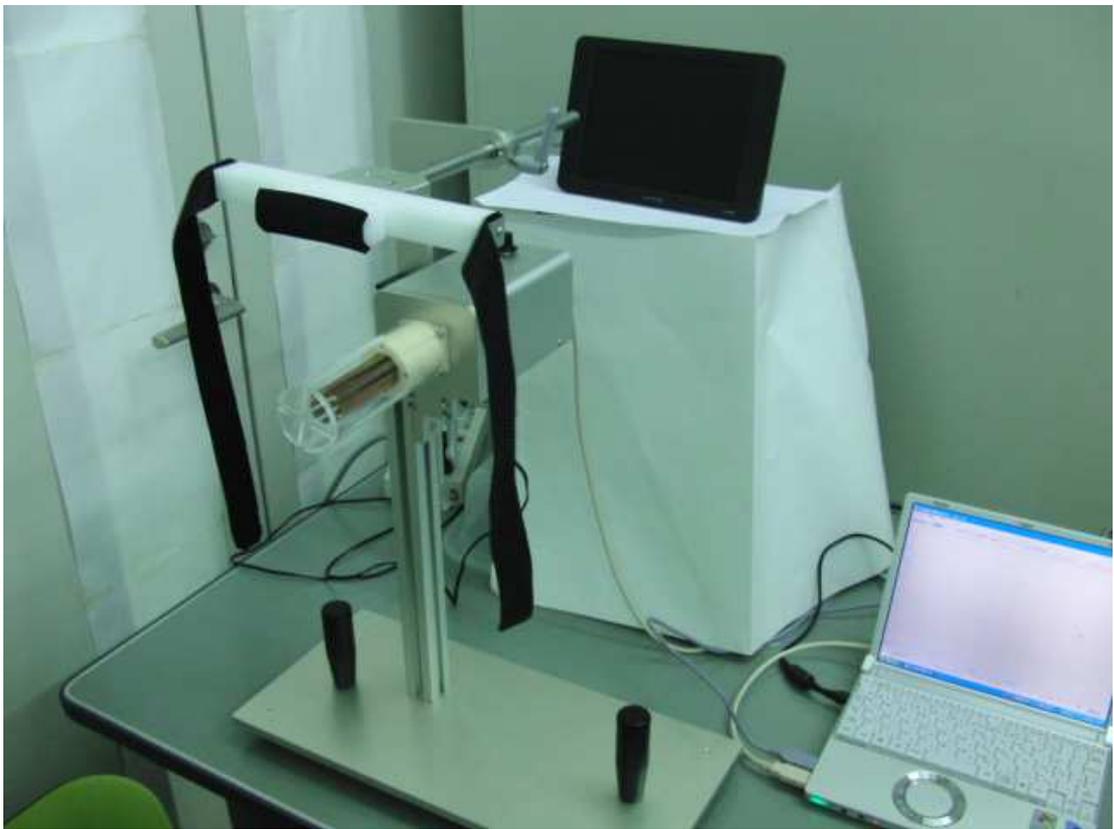
- (2014) Relationship between frontal craniofacial morphology and horizontal balance of lip-closing forces during lip pursing. *J Oral Rehabil* 41 : 659-66.
- 19) Kevin GK and William VM (2012) Control of Fingertip Forces in Young and Older Adults Pressing against Fixed Low- and High-Friction Surfaces. *PLOS ONE* 7 : e48193.
- 20) Michele G and Claire LT (1998) Differences in fine control of forces generated by the tongue, lips and fingers in humans. *Arch Oral Biol* 43 : 517-23.
- 21) Jacobs R, Van SD and Schotte (1992) The importance of visual feedback on the accuracy of jaw and finger positioning in man. *Arch Oral Biol* 37 : 677-83.
- 22) Jacobs R and Van SD (1995) Effects of delayed visual feedback on jaw, finger, and toe positioning in man. *J Motor Behav* 27 : 31-40.
- 23) Moustafa EM, Lin LD, Murray GM and Sessle BJ (1994) An electro myographic analysis of orofacial motor activities during trained tongue protrusion and biting tasks in monkeys. *Arch Oral Biol* 39 : 955-65.
- 24) Murray GM and Sessle BJ (1992) Functional properties of single neurons in the face primary motor cortex of the primate. II. Relations with trained orofacial motor behavior. *J Neurophysiol* 67 : 775-85.
- 25) Lin LD, Murray GM and Sessle BJ (1994) Functional properties of single neurons in the primate face primary somatosensory cortex. I. Relations with trained orofacial motor behaviors. *J. Neurophysiol* 71 : 2377-90.
- 26) 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.

27) Houstis O and Kiliaridis S (2009) Gender and age differences in facial expressions. Eur J Orthod 31 : 459-66.

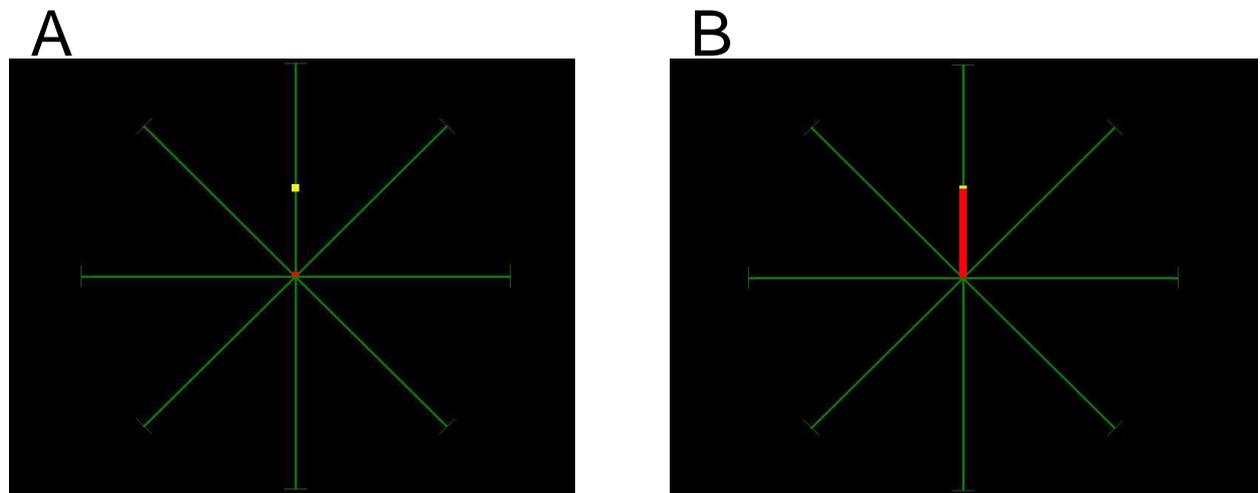
28) 佐々木直基(2011) 視覚的フィードバックが運動スキル獲得に与える影響. びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要 8 : 121-27.

図1



多方位口唇閉鎖力測定装置

図2

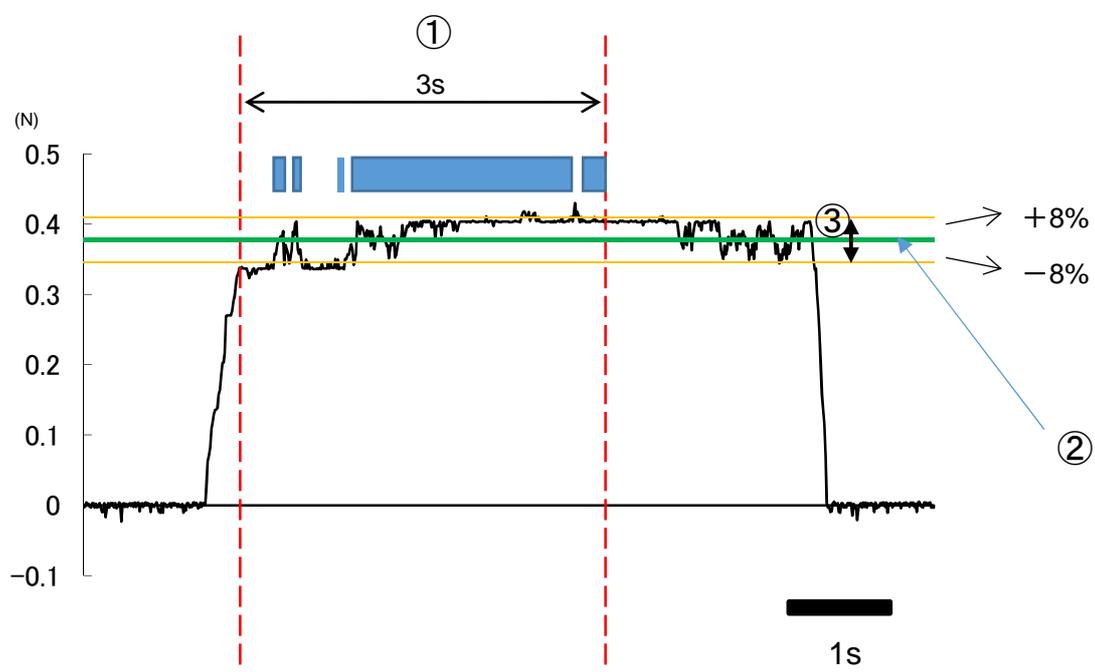


ターゲット表示(黄色)

口すぼめ時(赤いバー)

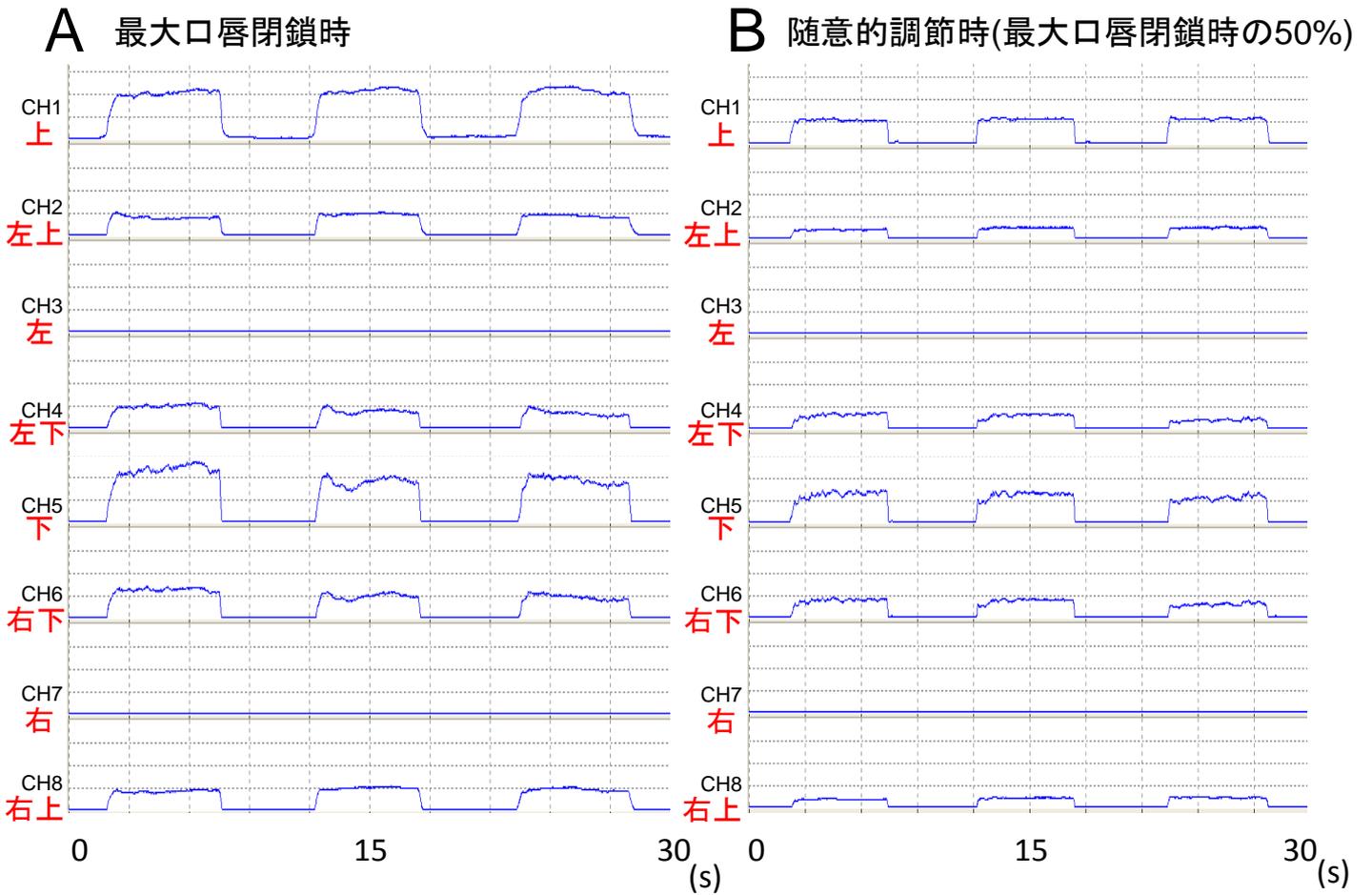
被験者前方に設置したディスプレイ

図3



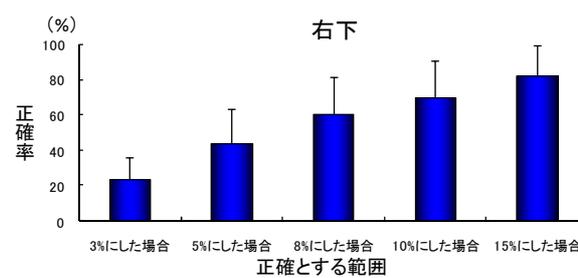
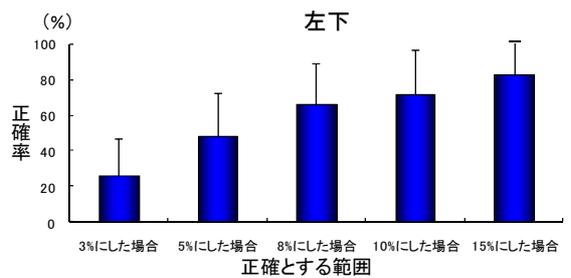
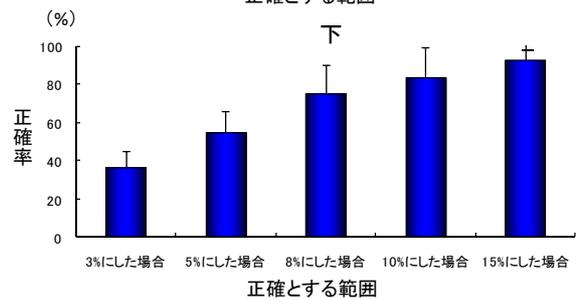
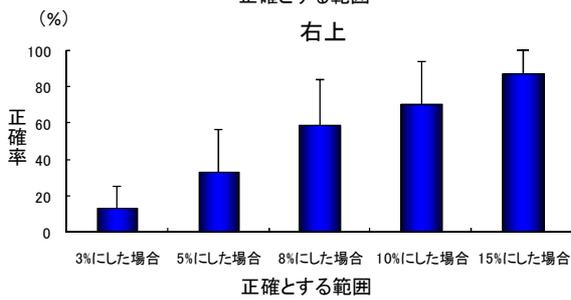
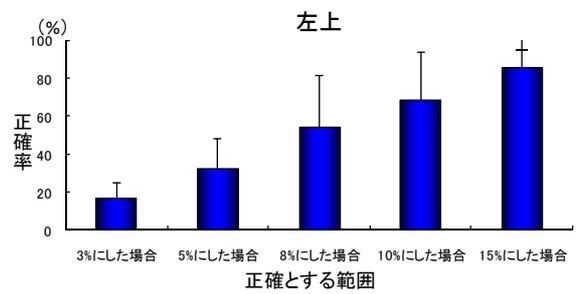
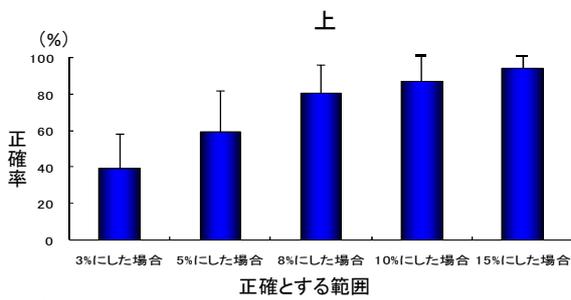
50%の力で口唇閉鎖した時の波形の一部

図4

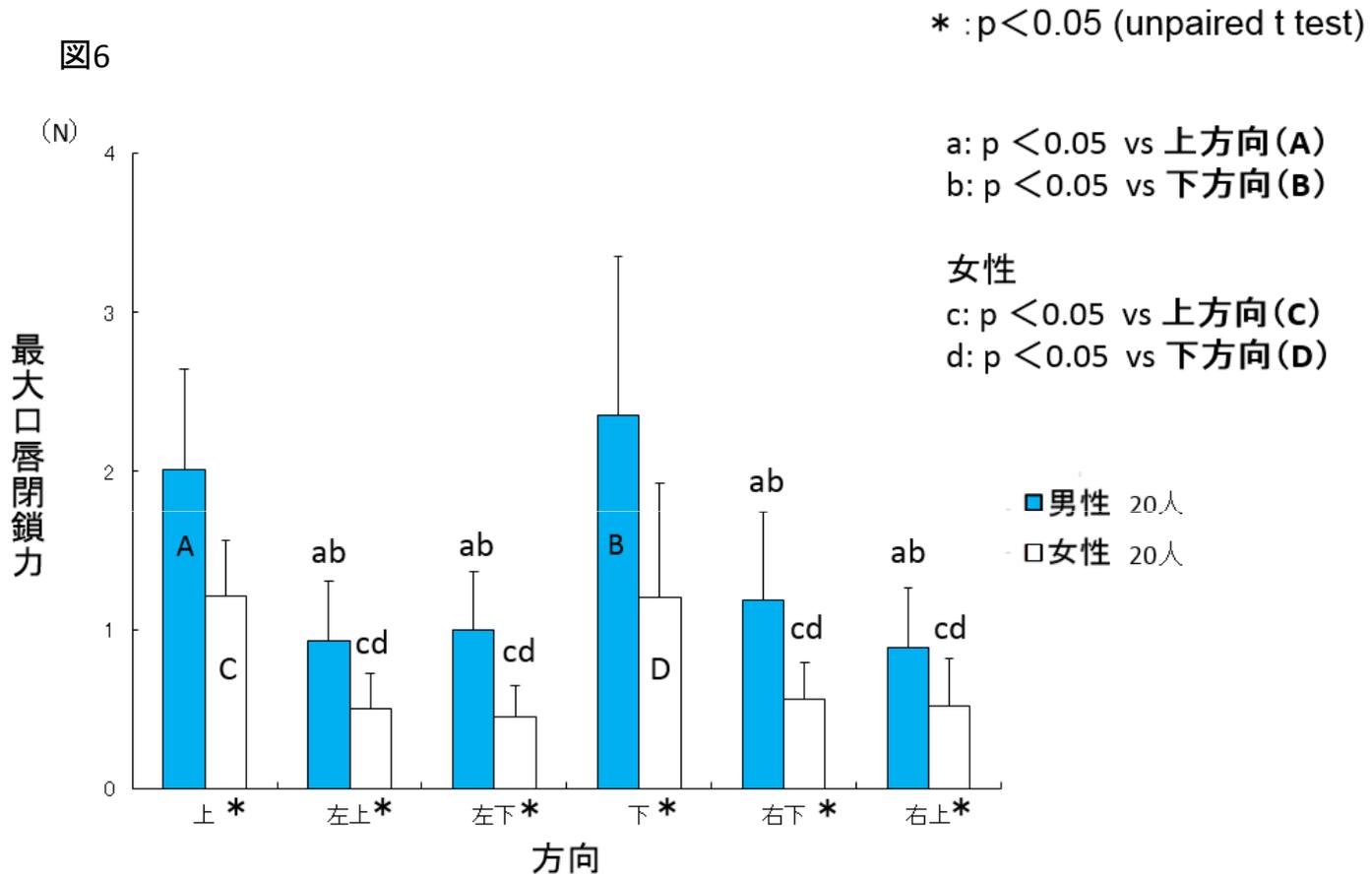


最大口唇閉鎖時と随意的調節時の波形

図5

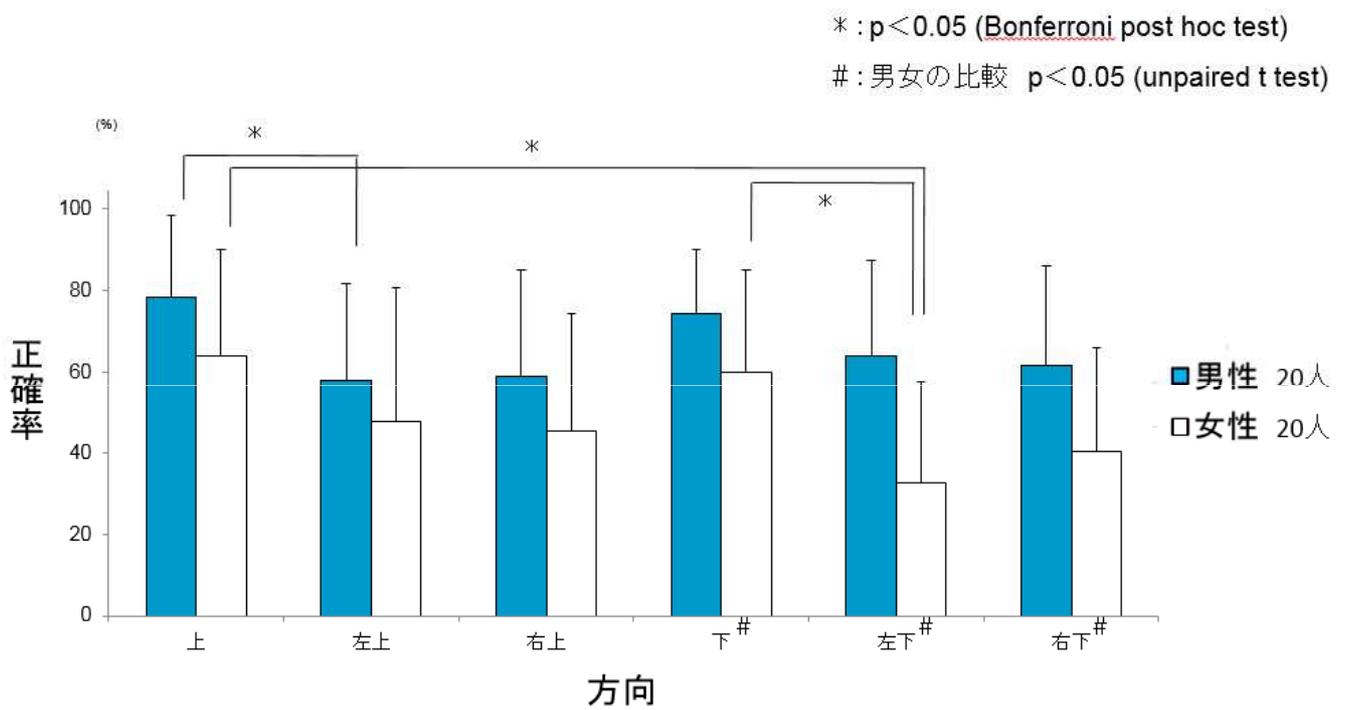


正確率の範囲の決定



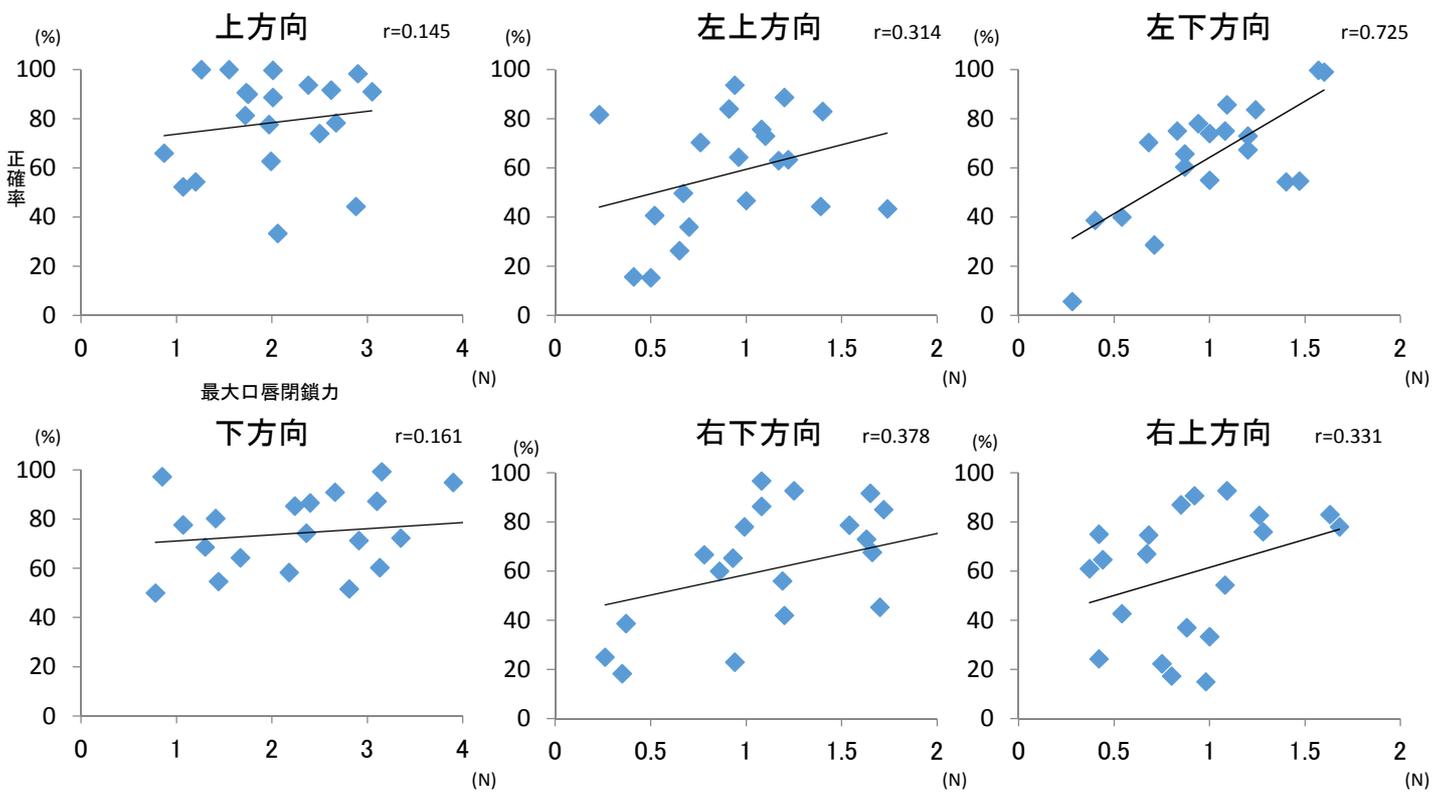
男女別、方向別の最大口唇閉鎖力

図7



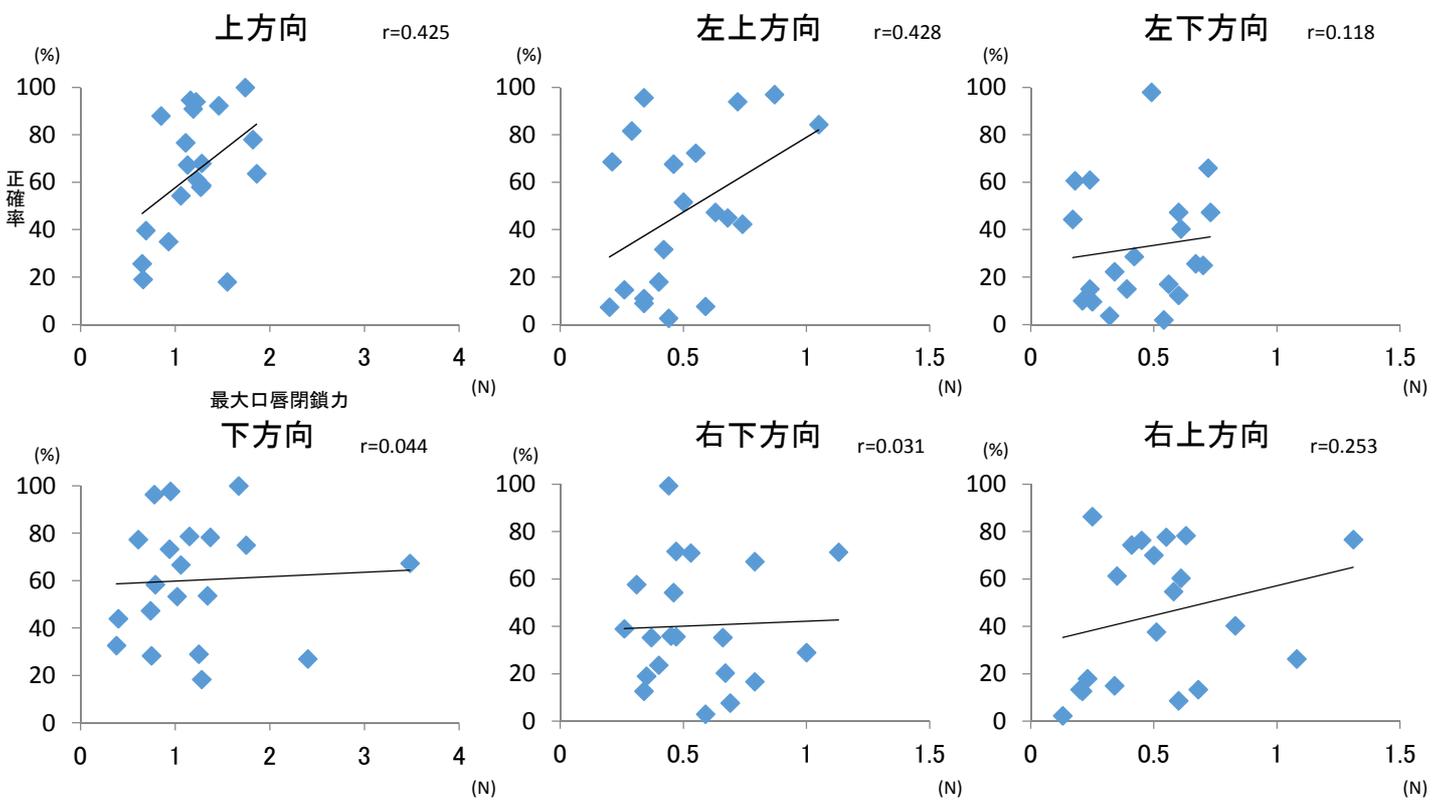
男女別の6方向の正確率の比較

図8



男性における最大口唇閉鎖力と正確率の相関分布図

図9



女性における最大口唇閉鎖力と正確率の相関分布図