

学位申請論文

下顎偏位時における舌の三次元的な位置解析

徳善 貴大

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 機能再生・再建科学専攻

咬合・有床義歯補綴学分野

主任教授

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 咬合・有床義歯補綴学分野

皆木 省吾

緒 言

舌は咀嚼，嚥下，発音などの口腔機能に重要な役割を果たしており，その動きは非常に複雑である¹⁻³⁾。咀嚼においては，舌は口腔内に取り入れられた食物の臼歯部への移送，舌と頬の協調による咀嚼中の上下顎歯列間での食物の保持，粉碎された食物と唾液との混和による食塊形成，食塊の咽頭への移送などに関与している⁴⁾。舌機能を評価する方法として，舌圧⁵⁻⁹⁾，筋電図¹⁰⁻¹²⁾，および舌挙上運動速度¹³⁾などが報告されている。咀嚼，嚥下，発声時における舌の機能評価は非常に重要であるが，舌の位置や動きを評価する上で前述の評価方法には限界がある。さらに舌は口腔内に存在するため，その位置や動きを口腔外から客観的に評価することは困難である。

これまでに舌の位置や動きを評価する方法として，写真撮影による観察⁴⁾，視診による観察¹⁴⁾，ビデオ X 線透視検査（以下，VF と略す）¹⁵⁻¹⁷⁾，超音波検査¹⁸⁻²⁰⁾，核磁気共鳴画像法（以下，MRI と略す）²¹⁻²⁵⁾などが報告されている。咀嚼時の舌の位置や動きは VF を用いて観察されたものが多く，Palmer らは舌前方部と下顎の動きを矢状断面上で評価し，舌が下顎の開閉口運動に連動して動いていることを示した¹⁵⁾。また Matsuo らは，摂食中の舌の垂直的な位置は下顎位および舌骨の高さと関連があることを報告した¹⁶⁾。さらに Mioche らは，VF

を用いて摂食時の舌の動きを冠状断面上で観察し、歯列への押しつけ、ねじれ運動、回転運動により舌が食物を咬合面に輸送することを示した¹⁷⁾。これらのVFを用いた舌の評価は二次元的であるため、舌の位置を詳細に評価することは難しく、X線被曝やX線造影剤の使用が避けられないことが問題である。また、超音波検査では侵襲はほとんどないものの、観察可能な視野が狭いため評価できる項目に限界がある。さらに、MRIは侵襲がほとんどないものの、特別な機器が必要であり、また舌の動きに伴いアーチファクトが発生する可能性がある。以上のことから、上記の評価方法では舌の動きを評価する上でさまざまな欠点が存在する。

一方、視診による舌の位置の評価は最も簡便な方法である。しかし、この評価方法では被験者に中等度の開口を強いるため、限られた条件下でしか舌の位置を評価できない¹⁴⁾。また、写真撮影による舌の位置の評価も視診による評価と同様に特別な機器を必要とせず、簡便な方法であると考えられる。しかし、Abd-El-Malekの報告⁴⁾において全被験者が歯の片側欠損を有する者であったことから、正常歯列を有する被験者では歯列に遮られて舌の写真撮影が困難であると考えられる。このように舌の位置、動きの評価については様々な方法があるものの、歯列との位置関係を含めて、三次元的に舌の位置を簡便かつ低侵襲に評価する方法は未だ確立されていないと言える。

本研究は、1) 下顎歯列と舌の位置関係を再現した石膏模型（以下、下顎－舌模型と略す）を作製すること、2) 下顎－舌模型を用いて下顎偏位時の舌の位置を三次元的に評価することを目的とした。

材料ならびに方法

1. 被験者

被験者は、岡山大学病院に所属する職員ならびに岡山大学歯学部 of 学生を対象とした。被験者の包含条件は、①20歳～30歳の健常成人、②上下顎それぞれに14本の天然歯を有する（智歯を除く）、③咀嚼、嚥下に特記すべき異常を認めない者とし、除外基準は、①嘔吐反射を有する者、②歯科治療中である者、③鼻呼吸が困難である者、④筋活動に影響する薬剤を使用している者、⑤参加の同意が得られない者とした。結果として、男性8名、女性4名の合計12名（平均年齢 26.2 ± 2.0 歳）を対象とした。

なお、本研究は岡山大学病院研究倫理審査専門委員会の承認（研1610-032）を得て行い、全ての被験者から同意書を取得した。

2. 下顎－舌模型の作製

アルジネート印象材（アローマファインプラス®，ジーシー，東京，日本）を用いて 5 種類の下顎位すなわち，下顎安静位（以下，RP と略す），中心咬合位（以下，CO と略す），切端咬合位（以下，EE と略す），下顎左側偏位（以下，LS と略す），下顎右側偏位（以下，RS と略す）で印象採得を行った。LS (RS) は，咀嚼時における健常者の下顎の側方偏位量を想定して，CO と上下顎の左側臼歯部（右側臼歯部）頬側咬頭頂同士の接触点もしくは上下顎左側（右側）犬歯同士の接触点の中間点における下顎位とした。印象採得にはディスプレイのシリンジを用いてアルジネート印象材を口腔内に注入した（図 1a）。印象採得の範囲は，下顎両側第一大臼歯遠心面までを含むように，下顎両側第二大臼歯より前方とした（図 1b）。石膏注入時の印象体の変形を防止するために，印象体の上顎歯列面を複製用シリコーン印象材（ウイロジル®，BEGO, Germany）で固定した後（図 1c），下顎歯列，舌印象面に硬石膏（ニュープラストーン®，ジーシー，東京，日本）を注入した（図 1d）。シリコーン印象材硬化中は印象体を水に浸漬させることで印象体の変形を防止した。硬石膏が硬化した後，印象体，複製用シリコーン印象材を除去し，歯列と舌の部分を分割できるよう分割模型へと改造し，下顎－舌模型を作製した（図 1e）。本研究において下顎－舌模型を分割模型に改造した理由は，模型をスキャンする際に細部までスキャンを行うため

であった。得られた下顎－舌模型を 3D スキャナー (7Series, dental wings, Canada) を用いてスキャンし STL データへと変換した後、STL データから CAD ソフト (Rhinoceros 5, Robert McNeel & Associates, USA) を用いて 3D 画像を作製した (図 1f)。

3. 下顎－舌模型の精度計測

被験者 1 名 (29 歳, 女性) を対象に, 既製トレーおよびシリコーン印象材 (エグザファインパテ®およびエグザファインインジェクション®, ジーシー, 東京, 日本) を用いて, シリコーン連合印象 2 回法により下顎歯列の印象採得を行った。得られた印象体に硬石膏を注入し石膏模型を作製した。また前述 2. の方法を用いて, 下顎安静位で印象採得を 5 回行い, 5 個の下顎－舌模型を作製した。

図 2

図 1

それぞれの模型において, (i) 下顎左右第一大臼歯遠心咬頭頂間, (ii) 下顎左右第一大臼歯遠心頬側咬頭頂間, (iii) 下顎左右第二小臼歯頬側咬頭頂間, の 3 箇所を計測した (図 2)。

4. 舌の位置の三次元的評価

下顎－舌模型から作製した 3D 画像を用いて, CAD ソフト上で舌の位置を評価した。評価項目は, 1) 咬合平面に対する舌の傾き, 2) 舌縁と下顎第一大臼

歯舌面最大豊隆部との距離，3) 下顎正中に対する舌尖の位置，とした。

咬合平面に対する舌の傾き，下顎正中に対する舌尖の位置においては，LS，RS の平均を両側側方偏心位（BLS）とし，RP，CO，EE，BLS の4種類の下顎位で評価を行った。BLS はLS，RS が水平面において左右対称的な値すなわち正負で対称的な値をとることを考慮して，LS，RS の値で正負を統一（LS もしくはRS の値の正負を逆転）した後に平均を求めた。

咬合平面に対する舌の傾きに関しては，冠状断面上で左右の舌縁を結んだ線と咬合平面とのなす角度を舌前方部と舌後方部の2箇所計測した。本研究において，冠状断面は両側下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を通り，かつ咬合平面と垂直な平面とした。舌前方部は舌尖から5mm後方とし，舌後方部は左右下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を含む平面上とした。計測値は舌の傾きの方向で正の値，負の値に分類し，左側舌縁が上方に位置する方向に傾いた場合には正の値として算出し，右側舌縁が上方に位置する方向に傾いた場合には負の値として算出した（図3a）。BLS はRS の正負の値を逆転した値とLS との平均値とした。

下顎第一大臼歯部の舌と歯列の距離に関しては，冠状断面における下顎第一大臼歯部の舌面最大豊隆部と舌縁の最外点との水平的距離を計測した。下顎左側第一大臼歯の舌面最大豊隆部と左側舌縁の最外点との水平的距離（以下，左側舌縁—歯列距離と略す），下顎右側第一大臼歯の舌面最大豊隆部と右側舌縁の最

外点との水平的距離（以下，右側舌縁一歯列距離と略す）をそれぞれ計測した。計測値は，歯の最内点に比べて舌縁の最外点が内側に位置する場合を正の値として算出し，歯の最内点に比べて舌縁の最外点が外側に位置する場合を負の値として算出した（図 3b）。また，LS における左側舌縁一歯列距離と RS における右側舌縁一歯列距離の平均（以下，偏位側舌縁一歯列距離と略す），LS における右側舌縁一歯列距離と RS における左側舌縁一歯列距離の平均（以下，非偏位側舌縁一歯列距離と略す）をそれぞれ求め，両者を比較した。

下顎正中に対する舌尖の位置に関しては，下顎左右中切歯近心隅角の midpoint を基準に舌尖の水平的偏位量，前後的偏位量を計測した。水平的偏位量の計測値は下顎左右中切歯近心隅角 midpoint を基準として，舌尖が右側に位置する際には正の値として算出し，左側に位置する場合には負の値として算出した（図 3c）。前後的偏位量の計測値は下顎左右中切歯近心隅角 midpoint と舌尖の距離を計測した（図 3c）。BLS は RS の正負の値を逆転した値と LS との平均値とした。

図 3

5. 舌の位置の再現性の評価

被験者 1 名（29 歳，女性）を対象に最初の計測日とは別日に RP，LS，RS における下顎一舌模型を作製し，舌の位置，傾きを計測し，舌の位置に関する再現性を評価した。

6. 舌位と習慣性咀嚼側の相関

舌の位置と咀嚼との関連を評価するため、咬合平面に対する舌の傾き、舌縁と下顎第一大臼歯舌面最大豊隆部との距離、下顎正中に対する舌尖の位置と習慣性咀嚼側との相関を評価した。習慣性咀嚼側の判定は Flores-Orozco らの報告に従い²⁶⁾、ビーフジャーキーを咀嚼させた後、Visual Analogue Scale (VAS) による質問用紙を用いて判定を行った。VAS は常に左側咀嚼する場合を-50、常に右側咀嚼をする場合を+50 と設定した。

また習慣性咀嚼側における側性が強い群 (VAS が-20 以下もしくは+20 以上) とそれ以外の群とで、各下顎位における咬合平面に対する舌の傾き、舌縁と下顎第一大臼歯舌面最大豊隆部との距離、下顎正中に対する舌尖の位置についてそれぞれ比較を行った。

7. 統計解析

5 種類の下顎位における咬合平面に対する舌の傾き、下顎第一大臼歯部の舌と歯列との距離、下顎正中に対する舌尖の位置を測定し、Friedman test および Dunn-Bonferroni test を用いて検討した。偏位側舌縁—歯列距離と非偏位側舌縁—歯列距離との差については Wilcoxon signed-rank test を用いて検討した。舌位と習慣

性咀嚼側との相関については Spearman's rank correlation coefficient を用いて検討した。習慣性咀嚼側における側性が強い群とそれ以外の群における舌の位置の比較については Mann-Whitney U test を用いて検討した。統計解析は SPSS 21.0 for Windows (SPSS, Inc., Chicago, USA) を用い、統計学的有意水準は 5%未満とした。

結 果

1. 下顎－舌模型の精度の評価

シリコーン印象2回法により作製した下顎歯列模型の計測結果は、(i)46.35mm, (ii) 49.25mm, (iii) 42.1mm であった。下顎－舌模型の計測結果は、(i) 46.11±0.13mm, (ii) 48.99±0.18mm, (iii) 41.91±0.09mm (平均値±標準偏差で表記) であった。

2. 咬合平面に対する舌の傾き

LS 条件下において、被験者 12 名のうち 1 名の石膏模型に不備が認められたため、LS における舌の傾きに関してのみサンプルサイズが 11 となった。

図 4 に各下顎位における舌の傾きを示す。舌前方位において RP-BLS 間, CO-BLS 間で有意な差を認めた (それぞれ $p<0.05$, $p<0.01$)。舌後方部においては各下顎位で有意な差を認めなかった。

図 4

3. 舌縁と歯列との距離

図 5 に 5 種類の下顎位における舌縁と歯列との距離を示す。左側舌縁—歯列距離は LS-EE 間, LS-RS 間で有意差を認めた (それぞれ $p<0.05$, $p<0.01$)。右側舌縁—歯列距離は, 5 種類の下顎位において有意な差を認めなかった

($p=0.186$)。

図 5

図 6 に下顎偏位側, 下顎非偏位側における舌縁と歯列の距離を示す。偏位側舌縁—歯列距離と非偏位側舌縁—歯列距離との間に有意な差を認めた

($p<0.05$)。

図 6

4. 下顎正中に対する舌尖の位置

図 7 に各下顎位における舌尖の水平的偏位量を示す。舌尖の水平的位置は各下顎位において有意な差を認めなかった ($p=0.615$)。

図 7

図 8 に各下顎位における舌尖の前後的偏位量を示す。舌尖の前後的位置は各下顎位において有意な差を認めなかった ($p=0.272$)。

図 8

5. 舌の位置の再現性の評価

RP, LS, RS における初回の計測結果と別日の計測結果を比較すると、咬合平面に対する舌の傾きに関しては舌前方部ではそれぞれ 0.43° , -3.69° , 2.69° と 2.62° , -1.71° , 10.93° であり、舌後方部ではそれぞれ 0.67° , -2.88° , 0.98° と 3.00° , -1.94° , 8.79° であった。舌縁と下顎第一大臼歯舌面最大豊隆部との距離に関しては、左側舌縁一歯列距離ではそれぞれ 0.43mm , 0.65mm , 0.07mm と 0.30mm , 0.61mm , -0.06mm であり、右側舌縁一歯列距離ではそれぞれ 0.04mm , 0.18mm , 0.24mm と 0.67mm , -1.11mm , 0.58mm であった。下顎正中に対する舌尖の位置に関しては、水平的偏位量ではそれぞれ 0.75mm , 0.68mm , -0.14mm と -0.05mm , 0.17mm , -0.37mm であり、前後的偏位量ではそれぞれ 10.70mm , 12.07mm , 8.65mm と 12.31mm , 10.9mm , 12.14mm であった。

6. 舌の位置と習慣性咀嚼側との相関

図 9 に被験者ごとに習慣性咀嚼側を VAS の値で評価した結果を示す。習慣性咀嚼側を VAS の値の正負で分類すると、左側 4 名、右側 7 名、どちらでもない者 1 名であった。

図 9

咬合平面に対する舌の傾き、舌縁と下顎第一大臼歯舌面最大豊隆部との距離、

下顎正中に対する舌尖の位置と習慣性咀嚼側には有意な相関を認めなかった。

習慣性咀嚼側において側性が強い群とそれ以外の群における咬合平面に対する舌の傾き，舌縁と下顎第一大臼歯舌面最大豊隆部との距離，下顎正中に対する舌尖の位置を比較した結果，いずれも有意な差を認めなかった。

考 察

本研究の目的は，1) 下顎歯列と舌との位置関係を同一石膏模型上に再現すること，2) 同模型を用いて下顎偏位に伴う舌の偏位の三次元的に評価することであった。本研究における下顎－舌模型は，0.2mm 程度の誤差を認めるもの高い精度により作製できることが示された。これまで舌の形態学的評価を行う場合には写真や視診による観察やVF，超音波，MRIなどが利用されていたが，写真および視診による観察を除いて特殊な装置を必要としていた。また視診による観察では被験者が開口する必要がある，また写真による観察は健常有歯顎者には用いることできないことが欠点であった。本研究に用いた下顎－舌模型は従来の舌の形態学的評価方法の欠点を解決することができ，さらに比較的簡便かつ低侵襲に作製することができることを示した。

咬合平面に対する舌の傾きに関しては、舌前方部において RP-BLS 間, CO-BLS 間で有意差を認めた (それぞれ $p<0.05$, $p<0.01$)。つまり下顎安静位, 中心咬合位において舌は下顎側方偏位位において下顎非偏位側舌縁が上方に傾くことがわかった。Mioche ら¹⁸⁾は、舌が咬合接触する前に下顎偏位側の咬合面に向かって舌を押し出し、さらにねじれ運動や回転運動によって食塊を咬合面に移送させる (いわゆる stage I transport) 役割を担うことを報告している。本研究では咀嚼時の舌の位置を観察していないものの、下顎側方偏位位において非偏位側舌縁が上方に位置するように舌が傾くことは、Mioche らの報告¹⁸⁾と一致している。一方、舌後方部では各下顎位で有意な差が認められなかった。このことから舌前方部のほうが下顎位の変化による舌の傾きへの影響が大きいことが示された。

下顎第一大臼歯部の舌と歯列との距離に関しては、左側舌縁—歯列距離において LS-RS 間 ($p<0.01$), LS-EE 間 ($p<0.05$) で有意な差が認められ、この結果から、下顎左側偏位位における左側舌縁—歯列距離は下顎右側偏位位におけるそれと比較して大きいことが示された。一方、右側舌縁—歯列距離は LS-RS 間で有意差が認められなかった。しかし、有意差は認めないものの、下顎右側偏位位における右側舌縁—歯列距離は下顎安静位におけるそれと比較して 12 名中 10 名で大きく、下顎右側偏位位における右側舌縁—歯列距離は下顎左側偏位位におけるそれと比較して大きくなる傾向があった。さらに、偏位側舌縁—歯列距離

と非偏位側舌縁—歯列との間に有意な差が認められ、偏位側舌縁—歯列距離が有意に大きいことが示された。以上の結果から、下顎側方偏位時において、下顎偏位側の舌縁—歯列距離が大きくなることが示された。さらに、Takada ら²⁷⁾は下顎右側第一大臼歯部の頬圧、舌圧を同時に測定し、右側舌縁部の舌圧が右側偏心位と比較して左側偏心位において有意に大きいことを報告した。舌圧が大きいということは舌縁と下顎歯列との距離が小さいことを示唆しており、この結果は我々の研究結果と一致していた。

下顎正中に対する舌尖の位置について、各種類の下顎位において有意な差は認められなかった。この結果から、舌尖の位置は下顎位に影響されないことが示唆された。本研究では下顎中切歯近心隅角中点を基準に舌の位置を評価したが、基準点が下顎偏位に影響されない上顎歯列や口蓋さらには顔面正中であれば結果が異なった可能性はある。Lebrun によるレビュー²⁸⁾では、安静時に舌尖が中切歯や上顎舌側歯肉から大きく偏位するような位置異常を認める場合には、嚥下機能に異常を認める可能性があるとして報告されている。本研究ではどの被験者にも嚥下障害は認められず、さらに下顎安静位において舌尖と下顎中切歯近心隅角中点との位置に著しい偏位は認めなかったことから、過去の研究結果と一致すると言える。

再現性の評価のため別日に再度下顎—舌模型の作製、計測を行ったが、1回目

の計測結果と比較すると、舌の傾き、偏位の傾向は概ね同様であることが示された。傾きや偏位の程度にややばらつきがあるが、最も三次元的形態を随意、不随意で変化しうる舌という器官であるということを考慮すると、計測値に多少のばらつきが生じることは必然である中、今回計測した舌の傾き、偏位の傾向が異なる日で同様であると示されたことから、本研究において選択した下顎運動で舌の位置の再現性が確保されていると判断できる。

本研究では下顎側方偏位位においては下顎偏位側の舌と歯列の距離が増大し、下顎非偏位側の舌縁が上方に偏位する方向の舌の傾きを認めることが示唆されたが、解剖学的観点から考察すると茎突舌筋もしくは舌骨舌筋などの外舌筋の関与や舌骨の偏位が影響している可能性がある²⁹⁾。さらなる詳細な舌の位置評価においては舌筋活動や舌骨の位置の評価が必要である。

本研究を計画するにあたって、過去に下顎位が舌の位置、形態に与える影響を評価した研究がないため、水平的な下顎位と口腔内圧（頬圧および舌圧）との関連を評価した Takada ら²⁷⁾の研究結果を参考にサンプルサイズを決定した。また、印象採得に関しては、光学印象以外では口腔内に諸感覚や反射を生じることから、口腔内の感覚の影響を可及的に排除、特に嚥下反射の誘発を防ぐため、本研究では、下顎第一大臼歯部遠心面より前方の範囲でアルジネートによる無圧印象採得を行った。そのため、下顎第二大臼歯より後方の評価が不可能であり、歯

列全体を対象とした研究を行うことは今後の研究課題である。今回、下顎歯列を基準として舌の位置や形態の評価を行なった。本方法により、口腔内での両者の関係、特に咬合平面との関係を詳細に検討することが可能であった。しかしながら、舌は舌骨上に位置し、舌骨周囲ならびに外舌筋の活動により、位置や形態が調節されており、当然のことながら、下顎の運動により舌骨上筋の活動をも生じている可能性はある。今回はレントゲン検査などによる、これら活動時の舌骨や下顎骨の変位について、基準点をもうけた検討は行えなかったが、本実験系において下顎位の違いによる舌の位置をより詳細に評価するためには、上顎歯列や口蓋など下顎位に影響されない口腔内の部位に基準点を設置する必要がある。しかし、上顎歯列や口蓋を基準点とするためには印象採得の範囲が大きくなり、被験者の負担が増大する可能性があるため、印象採得の範囲や基準点の設定については今後さらなる検討が必要である。

最後に、本研究系得られた下顎と舌の位置関係の補綴学分野への応用に関して考察する。Wright は下顎無歯顎患者において舌が後退すると下顎義歯の安定が損なわれるため、舌の位置が義歯治療を成功させる上で極めて重要であると報告した³⁰⁾。本研究において舌位は静的な下顎偏位に影響を受けることが示された。つまり、動的ではなく静的な状態でも舌位が変化し、デンチャースペースや下顎義歯舌側床縁の封鎖性に影響を与え、義歯の安定を損ねる可能性がある

ことを示唆している。特に大臼歯部において、下顎偏位に伴い舌位が変化することから、下顎義歯の後方の辺縁封鎖に影響している可能性がある。下顎－舌模型を無歯顎者に応用し、口腔底の形態学的評価を含んだ舌位の評価を行うことができれば、安静時のみでなく下顎偏位時におけるデンチャースペースや下顎義歯舌側床縁の形態の変化を反映した、より安定した義歯床形態の研究への一助となる可能性がある。また Kotsiomiti ら¹⁴⁾は健常有歯顎者と比べて部分欠損歯列患者、部分欠損歯列患者と比べて無歯顎患者が安静時に舌の位置異常を認める傾向があることを示しており、このことから残存歯の変化により舌の位置が変化することが示唆される。我々の手法を用いれば下顎安静位におけるより詳細な舌の位置を評価することができ、今後は残存歯の変化に伴う舌の位置変化についてより詳細な評価を行うことで補綴学的分野においても有用なデータが得られるのではないかと考えられる。

したがって本研究で用いた下顎－舌模型は、今後補綴学的分野において応用が可能であり、有益なツールにもなり得る可能性が示唆された。

結 論

- 1) 下顎－舌模型の作製により，下顎歯列と舌の位置関係を同一石膏模型上で高い精度で再現することができた。
- 2) 舌前方部において，舌は下顎非偏位側舌縁が上方に偏位する方向に回転し，下顎第一大臼歯部において下顎偏位側の舌と歯列との距離が増大することが示された。

謝 辞

稿を終えるにあたり，本研究を行う貴重な機会を与えて頂き，御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 皆木省吾教授に謹んで感謝の意を表します。また，本研究を遂行するにあたり，終始懇切なる御指導と御教示を賜りました，岡山大学大学院医歯薬学総合研究科生体材料学分野 松本卓也教授，岡田正弘准教授，岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 兒玉直紀助教に深く感謝いたします。最後に，本研究を行うにあたり，多くの御援助と御協力をいただきました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野の諸先生方から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) van, der, Bilt, A., Engelen, L., Pereira, L.J., van, der, Glas, H.W., Abbink, J.H.: Oral physiology and mastication. *Physiol. Behav.* **89**(1), 22-27, 2006.
- 2) Kieser, J.A., Farland, M.G., Jack, H., Farella, M., Wang, Y., Rohrle, O.: The role of oral soft tissues in swallowing function: what can tongue pressure tell us? *Aust Dent J*, **59**(1), 155-161, 2014.
- 3) Hiimae, K.M., Palmer, J.B.: Tongue movements in feeding and speech. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.*, **14**(6), 413-429, 2003.
- 4) Abd-el-Malek, S.: The part played by the tongue in mastication and deglutition. *J. Anat.*, **89**(2), 250-254, 1955.
- 5) Casas, M.J., Kenny, D.J., Macmillan, R.E.: Buccal and lingual activity during mastication and swallowing in typical adults. *J Oral Rehabil.*, **30**(1), 9-16, 2003.
- 6) Hayashi, R., Tsuga, K., Hosokawa, R., Yoshida, M., Sato, Y., Akagawa, Y.: A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int J Prosthodont.*, **15**(4), 385-388, 2002.
- 7) Hori, K., Ono, T., Tamine, K., Kondo, J., Hamanaka, S., Maeda, Y., Dong, J.,

- Hatsuda, M.: Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure during swallowing. *J Prosthodont Res.*, **53**(1), 28-32, 2009.
- 8) Ono, T., Hori, K., Masuda, Y., Hayashi, T.: Recent advances in sensing oropharyngeal swallowing function in Japan. *Sensors (Basel)*., **10**(1), 176-202, 2010.
- 9) 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*., **23**(3), 286-290, 2008.
- 10) Manda, Y., Maeda, N., Pan, Q., Sugimoto, K., Hashimoto, Y., Tanaka, Y., Kodama, N., Minagi, S.: New method of neck surface electromyography for the evaluation of tongue-lifting activity. *J Oral Rehabil.*, **43**(6), 417-425, 2016.
- 11) Finsterer, J., Fuglsang-Frederiksen, A., Mamoli, B.: Needle EMG of the tongue: motor unit action potential versus peak ratio analysis in limb and bulbar onset amyotrophic lateral sclerosis. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, **63**(2), 175-180, 1997.
- 12) Takahashi, S., Ono, T., Ishiwata, Y., Kuroda, T.: Breathing modes, body positions, and suprahyoid muscle activity. *J Orthod.*, **29**(4), 307-313, 2002.
- 13) Shirahige, C., Oki, K., Morimoto, Y., Oisaka, N., Minagi, S.: Dynamics of posterior

- tongue during pronunciation and voluntary tongue lift movement in young adults. *J Oral Rehabil.*, **39**(5), 370-376, 2012.
- 14) Kotsiomi, E., Farmakis, N., Kapari, D.: Factors related to the resting tongue position among partially and completely edentulous subjects. *J Oral Rehabil.*, **32**(6), 397-402, 2005.
- 15) Palmer, J.B., Hiiemae, K.M., Liu, J.: Tongue-jaw linkages in human feeding: A preliminary videofluorographic study. *Arch. Oral Biol.*, **42**(6), 429-441, 1997.
- 16) Matsuo, K., Palmer, J.B.: Kinematic linkage of the tongue, jaw, and hyoid during eating and speech. *Arch. Oral Biol.*, **55**(4), 325-331, 2010.
- 17) Mioche, L., Hiiemae, K.M., Palmer, J.B.: A postero-anterior videofluorographic study of the intra-oral management of food in man. *Arch. Oral Biol.*, **47**(4), 267-280, 2002.
- 18) Stone, M., Lundberg, A.: Three-dimensional tongue surface shapes of English consonants and vowels. *J. Acoust. Soc. Am.*, **99**(6), 3728-3737, 1996.
- 19) 村田尚道, 配島弘之, 向井美恵: 三次元超音波画像診断装置を用いた食塊保持時における舌形態の観察. 日摂食嚥下リハ会誌, **8**(1), 26-38, 2004.
- 20) 森紀美江, 向井信彦, 近藤貴大, 武井良子, 山下夕香里, 長谷川和子, 高橋浩二: 超音波画像を基にした3次元舌形状標準モデルの構築. 超音波医学,

42(1), 72-85, 2015.

21) Napadow, V.J., Chen, Q., Wedeen, V.J., Gilbert, R.J.: Intramural mechanics of the human tongue in association with physiological deformations. *J Biomech.*, **32**(1), 1-12, 1999.

22) Xing, F., Woo, J., Murano, E.Z., Lee, J., Stone, M., Prince, J.L.: 3D tongue motion from tagged and cine MR images. *Med Image Comput Comput Assist Interv.*, **16**(Pt3), 41-48, 2013.

23) Suzuki, A., Ito, M., Kawai, Y.: Utility of the luminance standard deviation to quantify magnetic resonance imaging motion artifact induced by tongue movement. *J Oral Sci.* **60**(3), 399-404, 2018.

24) Iltis, P.W., Frahm, J., Voit, D., Joseph, A., Altenmuller, E., Miller, A.: Movements of the Tongue during Lip Trills in Horn Players: Real-Time MRI Insights. *Med Probl Perform Art.*, **32**(4), 209-214, 2017.

25) Kansy, K., Hoffmann, J., Bendszus, M., Heiland, S., Krisam, J., Wohlfarth, M., Mistele, N., Geschwinder, A., Gradl, J.: Tongue movement during articulation in magnetic resonance imaging: Findings in 20 healthy volunteers and a patient with anterior floor of the mouth squamous cell carcinoma. *J Craniomaxillofac Surg.*, **45**(12), 2046-2053, 2017.

- 26) Flores-Orozco, EI, Rovira-Lastra B., Peraire M., Salsench J., Martinez-Gomis J.:
Reliability of a visual analog scale for determining the preferred mastication side. *J Prosthet Dent.*, **115**(2), 203-8, 2016.
- 27) Takada, J., Ono, T., Takahashi, S., Honda, E., Kurabayashi, T.: Changes in
Horizontal Jaw Position and Intraoral Pressure. *Angle Orthod.*, **78**(2), 254–261,
2008.
- 28) Lebrun, Y.: Tongue thrust, tongue tip position at rest, and sigmatism: a review. *J Commun Disord.*, **18**(4), 305-312, 1985.
- 29) Pearson, W.G. Jr., Taylor, B.K., Blair, J., Martin-Harris, B.: Computational analysis
of swallowing mechanics underlying impaired epiglottic inversion. *Laryngoscope.*,
126(8), 1854-1858, 2016.
- 30) Wright, C.R.: Evaluation of the factors necessary to develop stability in mandibular
dentures. *J Prosthet Dent.*, **16**(3), 414-430, 1966.

表題脚注

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 咬合・有床義歯補綴学分野

(主任：皆木省吾教授)

本論文の一部は，以下の学会において発表した。

- ・日本補綴歯科学会 第 127 回学術大会（2018 年 6 月，岡山）

図の説明

図 1. 下顎－舌模型作製手順と 3D 画像作製

歯列，舌の記録はアルジネート印象を用いて行った(a,b)。複製用シリコーン印象材を用いて印象体を固定した後に硬石膏を流し，歯列－舌模型を作製した(c,d,e)。3D スキャナーによりスキャニングを行い STL データへと変換し，CAD ソフトを用いて 3D 画像を作製した(f)。

図 2. 下顎－舌模型の精度評価項目

- (i) 下顎左右第一大臼歯遠心咬頭頂間の距離。
- (ii) 下顎左右第一大臼歯遠心頬側咬頭頂間の距離。
- (iii) 下顎左右第二小臼歯頬側咬頭頂間の距離。

図 3. 下顎－舌模型の評価項目と計測方法

(a) 咬合平面に対する舌の傾き；咬合平面と左右の舌縁を結ぶ面との角度。舌前方と後方の 2 か所で評価。左側舌縁が上方に位置する方向の傾きの場合は正の値として算出し，右側舌縁が上方に位置する方向の傾きの場合は負の値として算出。

(b) 下顎第一大臼歯部における舌と歯列の距離；下顎第一大臼歯の舌面最大豊隆部と舌縁の最外点との水平的距離。歯の最内点に比べて舌縁の最外点が内側の場合を正の値として算出し，歯の最内点に比べて舌縁の最外点が外側の場合を負の値として算出。(左側舌縁－歯列距離)：下顎左側第一大臼歯の舌面最大豊隆部と左側舌縁の最外点との水平的距離。(右側舌縁－歯列距離)：下顎右側第一大臼歯の舌面最大豊隆部と右側舌縁の最外点との水平的距離。

(c) 下顎正中に対する舌尖の位置；下顎中切歯近心隅角中点を基準にした舌尖の水平的偏位量，前後的偏位量を評価。水平的位置の計測値に関しては，下顎中切歯近心隅角中点を基準として舌尖が右側に位置する際には正の値として算出し，右側に偏位する場合には負の値として算出。前後的位置の計測値に関しては，下顎左右中切歯近心隅角中点と舌尖の前後的距離で評価。

図 4. 各下顎位における咬合平面に対する舌の傾き

RP：下顎安静位。CO：中心咬合位。EE：切端咬合位。BLS：両側側方偏位。

図 5. 各下顎位における下顎第一大臼歯部の舌と歯列の距離

左側舌縁—歯列距離：下顎左側第一大臼歯の舌面最大豊隆部と左側舌縁の最外点との水平的距離。右側舌縁—歯列距離：下顎右側第一大臼歯の舌面最大豊隆部と右側舌縁の最外点との水平的距離。

RP：下顎安静位。CO：中心咬合位。EE：切端咬合位。LS：左側偏心位。RS：右側偏心位。

図 6. 偏位側舌縁—歯列距離と非偏位側舌縁—歯列距離

下顎偏位側：LS における左側舌縁—歯列距離と RS における右側舌縁—歯列距離の平均。下顎非偏位側：LS における右側舌縁—歯列距離と RS における左側舌縁—歯列距離の平均。

図 7. 各下顎位における下顎正中に対する舌尖の水平的位置

RP：下顎安静位。CO：中心咬合位。EE：切端咬合位。BLS：両側側方偏心位。

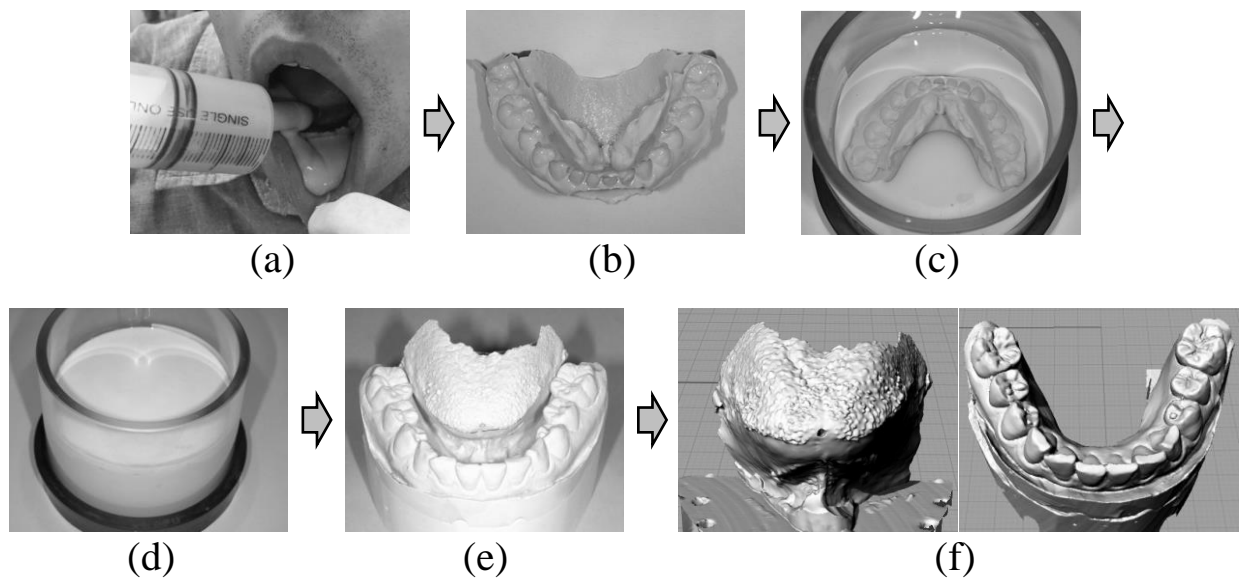
図 8. 各下顎位における下顎正中に対する舌尖の前後的位置

RP：下顎安静位。CO：中心咬合位。EE：切端咬合位。BLS：両側側方偏心位。

図 9. 各被験者における VAS を用いた習慣性咀嚼側の評価

縦軸：被験者。横軸：VAS。常に左側咀嚼する場合の VAS は-50 となるように設定。常に右側咀嚼する場合の VAS は+50 となるように設定。

図1



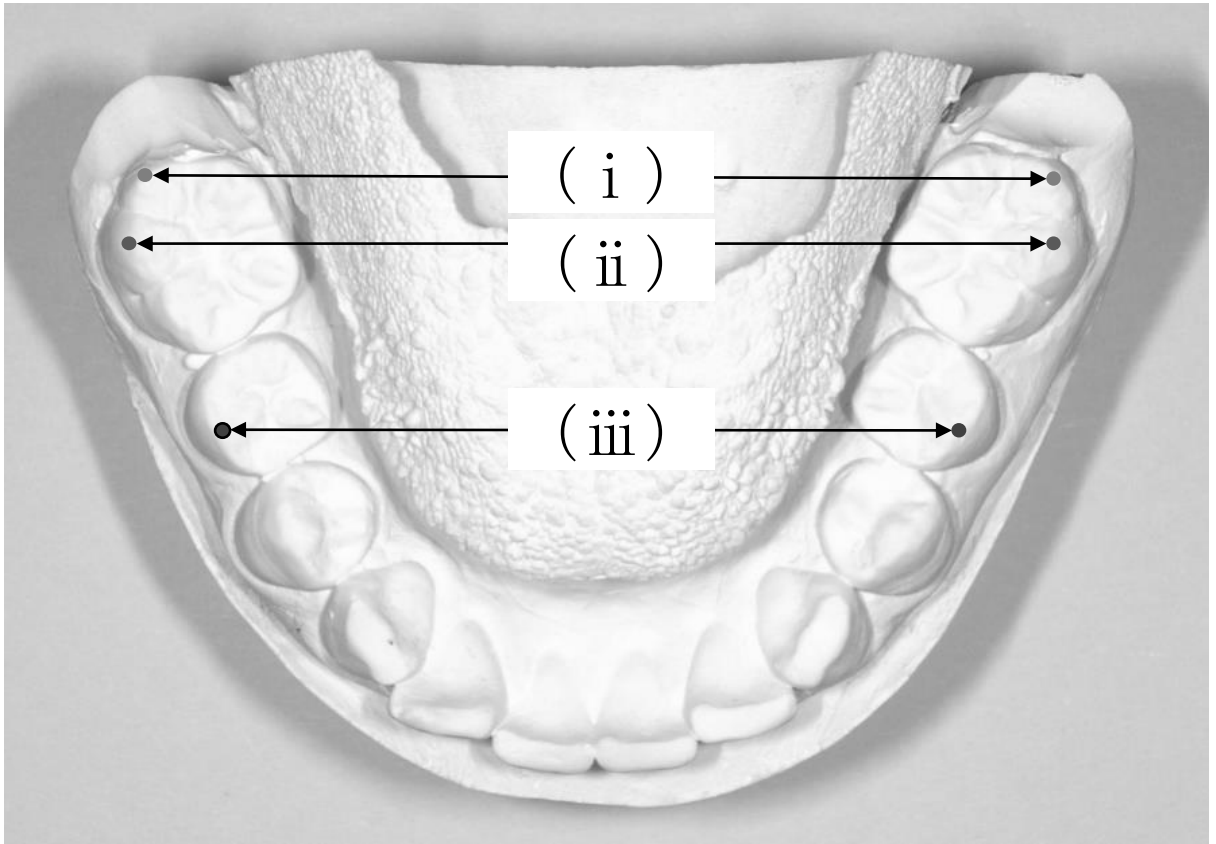
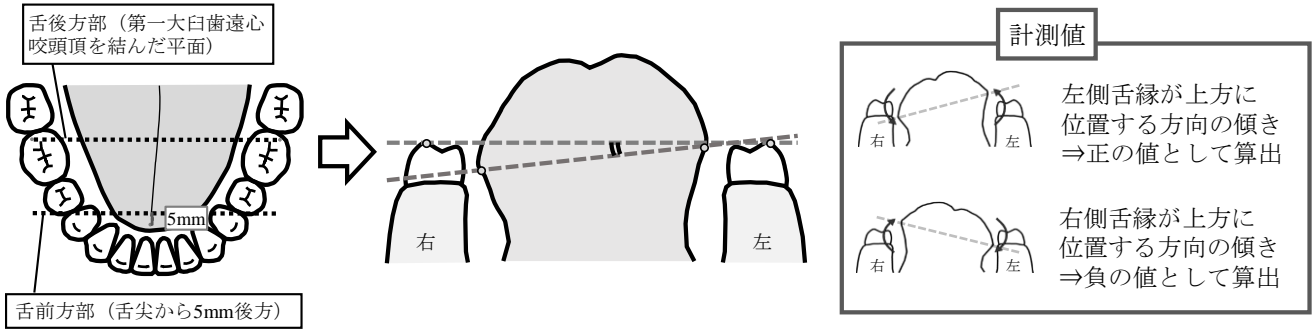
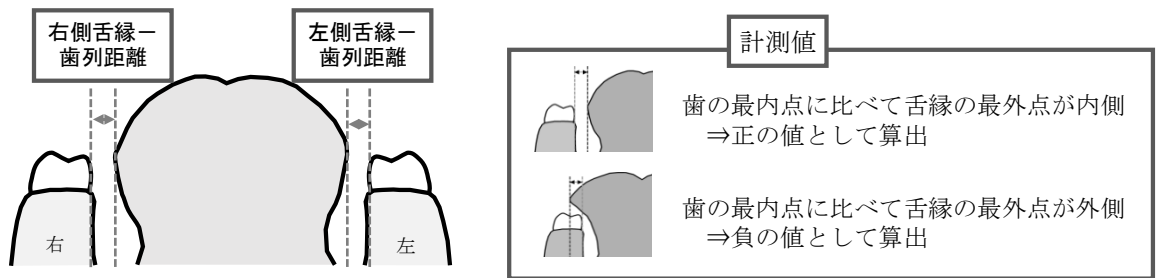


図3

a. 咬合平面に対する舌の傾き



b. 下顎第一大臼歯部における舌縁と歯列との距離



c. 下顎正中に対する舌尖の位置

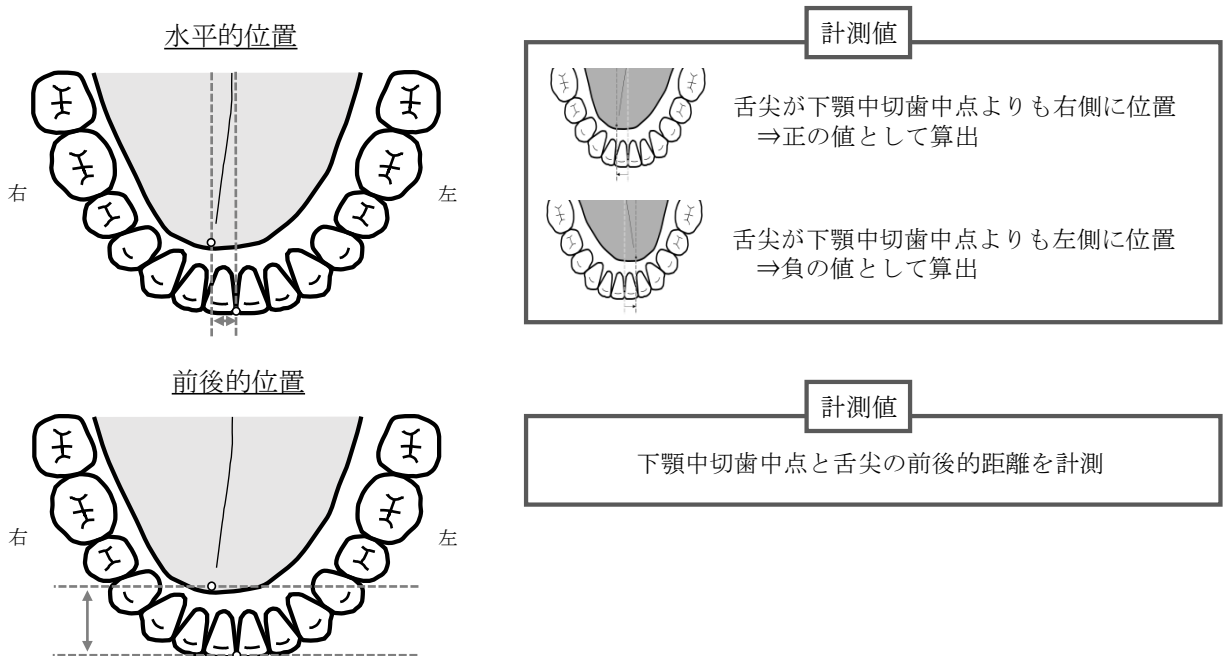
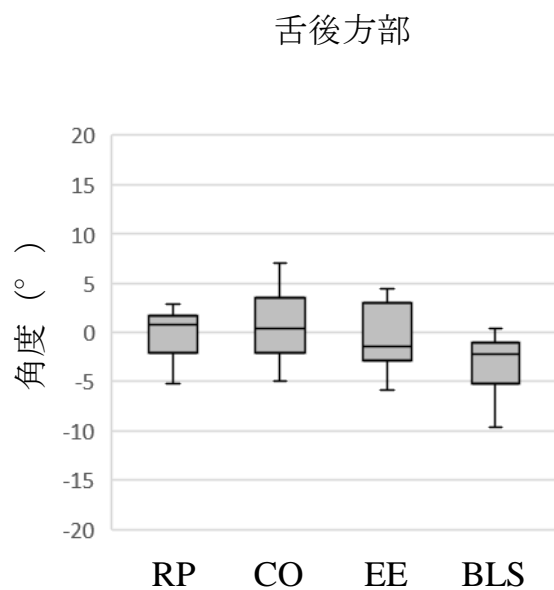
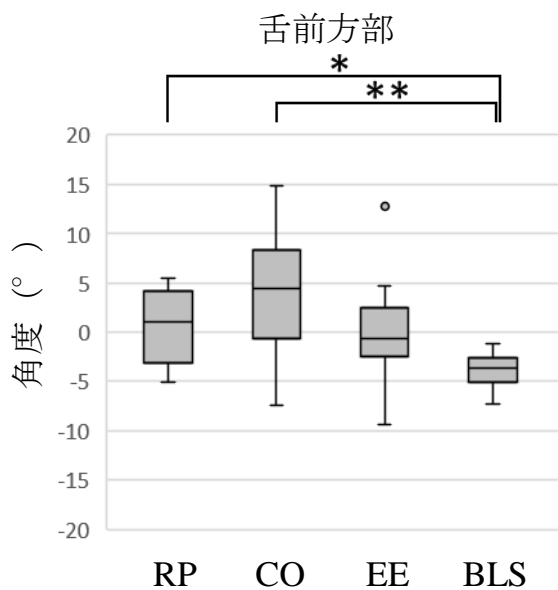
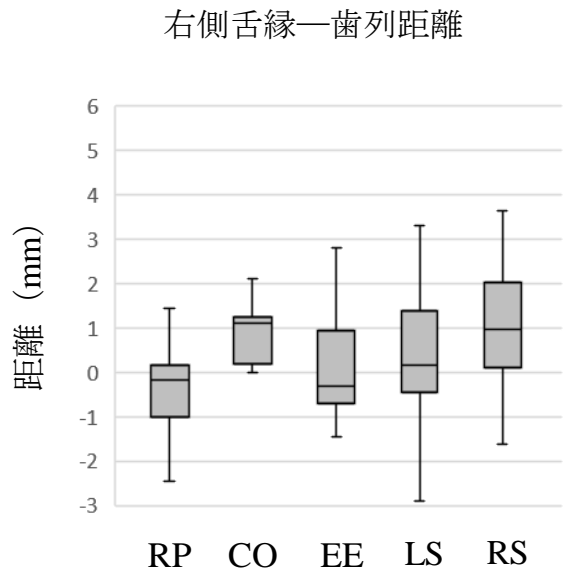
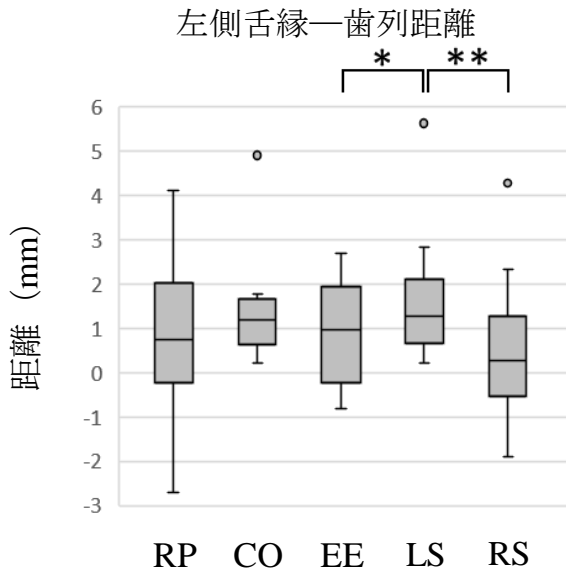


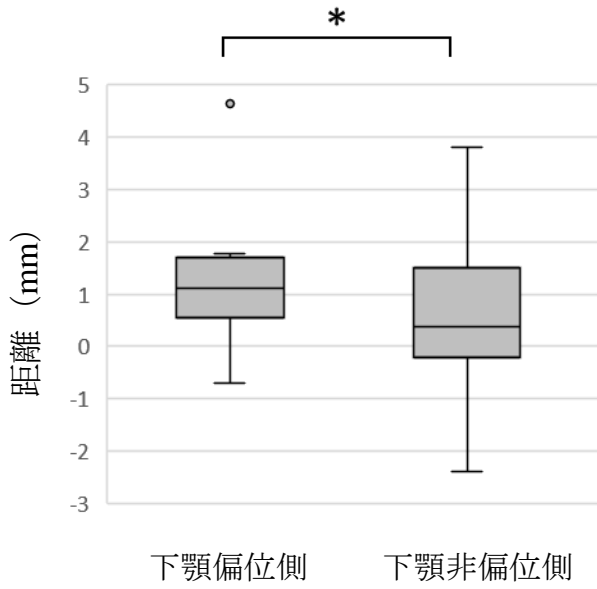
図4



* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$



* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$



* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

図7

