

不正咬合患者における顎顔面骨格形態と咬筋の機能力との関連性

中西 泰之

緒言

矯正装置は器械的矯正装置と機能的矯正装置に大別される。器械的矯正装置は、材料学的特性に依存する¹⁾矯正装置の総称であり、機能的矯正装置は患者自身の口腔周囲筋の機能力に依存する²⁾³⁾矯正装置の総称である。矯正治療を行なう際に器械的矯正装置を使用する場合は、材料の特性から矯正力を予測し矯正歯科治療の成果および結果を簡易的に予測することが可能である。一方、機能的矯正装置では、治療前の筋機能評価を行うことで矯正歯科治療の成果および結果を予測することができる可能性がある⁴⁾とされている。筋機能の評価には、咬合力測定や咬筋の筋電図測定などの顎機能検査が行われる。しかし筋機能の評価するためには顎機能検査を実施するための設備が必要であり、全ての矯正歯科医院にその設備が整っているわけではない。そのため、矯正歯科医院にて広く使用される側面頭部エックス線規格写真を用いて機能的特徴をある程度推測できれば治療に資する情報となると考えられる。

側面頭部エックス線規格写真を用いた顎顔面骨格形態と筋機能との関連について報告されている研究の多くは、咬合力、筋電図および Magnetic Resonance Imaging (MRI) などの評価方法が用いられている。咬合力を評価方法とした研究⁵⁾⁶⁾、筋電図を評価方法とした研究⁷⁾⁸⁾、MRI を評価方法とした研究⁹⁾それぞれにおいて、前後的な骨格的不調和が筋機能と関連するとの報告や垂直的な顔面高の大小が筋機能と関連するとの報告がなされている。しかし、いまだ統一された見解は得られていない。また、咬合力、筋電図および MRI によるそれぞれの筋機能の評価方法によって評価内容が異なる可能性が考えられる。

そこで本研究では、側面頭部エックス線規格写真を用いて筋機能力を予測するための基礎的研究として、同一被験者に対して複数の機能評価を行なうことで顎顔面骨格形態と機能との関連性を明らかにすることを目的とした。

方法

本研究は岡山大学臨床研究審査専門委員会の承認を受けて実施されており(承認番号：臨 1806-021)、全ての被験者に対して説明と同意確認を行った。

1. 被験者

被験者は2019年5月から2020年3月の間に岡山大学病院矯正歯科を受診した16歳以上の女性の治療前患者とした。先天性疾患や症候群を有する者、MRI撮影に支障をきたす者は本研究の被験者から除外した。選択基準を満たし同意の得られた被験者は女性30名であった。女性30名の平均年齢は27.6歳（年齢最小値16歳，年齢最大値57歳，標準偏差11.9），平均BMIは20.9kg/m²（BMI最小値17.4，BMI最大値30.1，標準偏差2.9）であった。

2. 咬合力の評価方法

咬合力測定システム用フィルム（デンタルプレスケールII，株式会社ジーシー）を用いた。被験者をフランクフルト平面が床と平行になる位置で座らせた状態で中心咬合位にて2秒間の最大噛み締めを指示した。咬合力測定システム用フィルムは咬合力分析ソフト「バイトフォースアナライザ」にて咬合力を可視化し，客観的に数値として表した（図1）。以下，最大咬合力と表記する。

3. 咬筋の最大振幅値の評価方法

筋電図・誘発電位検査装置（Neuropack S1，日本光電工業）を用いた。表面筋電図を用いて30秒間の噛み締めを行った状態の両側咬筋の最大振幅値を測定した（図2）。被験者には，皮膚前処理剤を用いて咬筋相当部電極設置部位の油分および角質除去し電極と皮膚の接触抵抗（インピーダンス）を減少させ，安静時波形にノイズが生じないことを確認してから検査を行った。以下，最大振幅値と表記する。

4. 咬筋容積の評価方法

MRI装置（MAGNETOM Aera 3.0T，Siemens）を用い，被験者を仰臥位で撮像した。撮影条件はSequence:3D-VIBE（Volumetric Interpolated Breath-hold Examination）TR = 3.87 ms，TE = 1.34 ms，Flip Angle = 12 deg，thickness = 1.0 mm，matrix = 288×230とした。

MRIの画像分析には，MRI解析ソフトウェア（医療用ワークステーションSYNAPSE VINCENT，富士フィルムメディカル株式会社）、3D医用画像処理ワークステーション（Ziostation2，ザイオソフト株式会社）を用いた（図3）。

咬筋は浅部と深部の起始部である頬骨弓から停止部である咬筋粗面から抽出することとした。咬筋浅部と深部は明確には抽出困難であったため、本研究では咬筋全体を計測した。MRI で得られた全てのスライス画像から 3D 医用画像処理ワークステーションを用いて咬筋の断面を抽出し、各スライス画像の総和を体積として計算した。1 例につき 3 回ずつ咬筋の断面を抽出し体積を計算した。本研究被験者における顕著な顔面非対称者は含まれなかったため咬筋容積は左右容積の平均値を用いることとした。

5. 側面頭部エックス線規格写真の分析

頭部エックス線規格写真分析法として、側面頭部エックス線規格写真を用いてトレースを行い、角度分析および線分析が行われ顎顔面骨格形態計測項目を評価した(図 4)。規格写真は、側面頭部エックス線規格写真撮影装置(CX-90SP, 朝日レントゲン工業株式会社)を用いて撮影した。分析にはセファログラム分析ソフト(Dolphin, 株式会社ジーシー)を使用した。側面頭部エックス線規格写真より、以下の項目の計測を行った。

【角度計測項目】

1) SNA 角 (SNA), 2) SNB 角 (SNB), 3) ANB 角 (ANB), 4) フランクフルト平面に対する口蓋平面角 (PP-FH), 5) フランクフルト平面に対する下顎下縁平面角 (MP-FH), 6) 下顎角 (Go A.), 7) SN 平面に対する上顎中切歯歯軸角 (U1-SN), 8) 下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸角 (L1-MP)

【線計測項目】

9) 前頭蓋底の長さ (S-N), 10) 口蓋平面に対して翼上顎裂および A 点から引いた垂線の距離 (Ptm-A/PP), 11) 下顎骨体長 (Go-Me), 12) 顔面高 (N-Me), 13) 口蓋平面に対する上顎中切歯切縁との位置関係 (U1-PP), 14) 下顎下縁平面に対する下顎中切歯切縁との位置関係 (L1-Mp), 15) オーバージェット (OJ), 16) オーバーバイト (OB)

6. 統計処理

統計処理では、顎顔面骨格形態計測項目と最大咬合力, 最大振幅値, 咬筋容積との比較にはピアソンの相関係数を用いた。有意水準は 5% に設定した。統計解析には解析ソフト SPSS Statistics ver.27 (IBM Inc, NY, USA) を使用した。

結果

表 1 において身長および体重と最大咬合力, 最大振幅値および咬筋容積との間に有意な相関は認められなかった

表 2 において最大咬合力, 最大振幅値および咬筋容積における相関係数の違いを調べた結果を示す。最大咬合力と最大振幅値の間において正の相関 ($r=0.435, p<0.05$) が認められた。咬筋容積は最大咬合力および最大振幅値のいずれにおいても有意な相関が認められなかった。

表 3 において顎顔面骨格形態と最大咬合力, 最大振幅値および咬筋容積の相関を調べた結果を示す。顎顔面骨格形態と最大咬合力の間において, 角度計測項目および線計測項目のいずれとも相関は認められなかった。顎顔面骨格形態と最大振幅値の間において, 角度計測項目である Mp-FH ($r=-0.386, p<0.05$) において負の相関、線計測項目である OB ($r=0.448, p<0.05$) において正の相関が認められた。顎顔面骨格形態と咬筋容積の間において, 角度計測項目である Mp-FH ($r=-0.453, p<0.05$) および Go A. ($r=-0.610, p<0.05$) において負の相関, L1-Mp ($r=0.387, p<0.05$) において正の相関, 線計測項目である S-N ($r=0.483, p<0.05$) および Go-Me ($r=0.387, p<0.05$) において正の相関が認められた。

考察

男女間において体格差に伴う咬筋の筋肉量の差¹⁰⁾や男女の咀嚼能力の差¹¹⁾が過去の研究で報告されている。また, 岡山大学病院矯正歯科において矯正治療を実施する患者の割合は男性よりも女性患者が多く、過去の我々の顎顔面骨格形態における口腔機能を評価した研究¹²⁾において女性を被験者としていることから, 本研究においては女性を被験者として選んだ。

顎顔面骨格形態と最大咬合力, 最大振幅値および咬筋容積との相関を調べた結果, 最も相関が多く認められた咬筋容積における顎顔面骨格形態計測項目に着目した。顎顔面骨格形態と咬筋容積において相関を示した 5 つの顎顔面骨格形態計測項目のうち, Go A.が最も絶対値の大きい負の相関が認められた。習慣的な筋機能は咬筋の活動を含むため, 咬筋の付着部位である Go A.において絶対値の大きい相関が認められたと考えられる。したがって, 側面頭部エックス線規格写真における Go A.は筋機能との関連性が存在することが示唆された。これは, Kiliaridis らの下顎角は開大し下顎下縁平面が急峻な者ほど咬筋は薄く, 下

顎角は鋭角で下顎下縁平面が平坦な者ほど咬筋は厚いとの報告¹³⁾と一致するものであった。その他、S-N および Go-Me において正の相関、Mp-FH において負の相関が認められたことから、筋機能が大きい場合は頭蓋底および下顎骨の前后的成長が大きく、垂直的成長が小さくなることで下顎下縁平面が平坦化し顔面高が小さくなる傾向にある可能性が示唆された。また、筋機能が小さい場合は頭蓋底および下顎骨の前后的成長が小さく、垂直的成長が大きくなることで下顎下縁平面は急峻化し顔面高は大きくなる傾向にある可能性が示唆された。機械的刺激が骨構造のリモデリングに影響するとの過去の報告¹⁴⁾から咀嚼筋の付着部位に近い頭蓋底と下顎骨の形態が筋機能を反映している可能性があると考えられる。また、L1-Mp において正の相関が認められたことは Antonarakis らの咬筋の大きさおよび咬合力の大きさは下顎前歯において反映されるとの報告³⁾と一致した。

顎顔面骨格形態と咬筋容積において相関を示した計測項目は Mp-FH, Go A., L1-Mp, S-N および Go-Me の 5 つ、顎顔面骨格形態と最大咬合力において相関を示した顎顔面骨格形態計測項目は認められず、最大振幅値と相関を示した計測項目は Mp-FH および OB の 2 つであった。しかし、顎顔面骨格形態と最大咬合力、最大振幅値および咬筋容積における相関係数の違いにおいて、最大咬合力および最大振幅値との間には相関が認められたが、咬筋容積においてはいずれとも有意な相関が認められなかった。これより、異なる筋機能の評価方法を用いた場合には、顎顔面骨格形態と筋機能の相関係数が異なることが示された。また、身長および体重と最大咬合力、最大振幅値および咬筋容積との間に有意な相関は認められなかったことから、不正咬合患者において咬筋の機能力は体格に影響されない可能性が示唆された。咀嚼筋の付着部位に近い頭蓋底と下顎骨の形態は筋機能と関連性を有する可能性があると考えられた。不正咬合患者において咀嚼運動に関連する顎顔面骨格形態が咬筋の機能力に影響を受けると考えられる。

筋機能を利用する矯正歯科治療を行う場合は、側面頭部エックス線規格写真において Go A. を評価することで効率的に治療成果を予測できる可能性があると考えられる。一方で、矯正歯科治療を行わない場合においても筋機能の評価が必要となる場合がある。例えば、近年注目されている口腔機能発達不全症が挙げられる。口腔機能発達不全症とは「食べる機能」「話す機能」「その他の機能」が十分に発達しておらず専門的な関与が必要な状態とされており、咀嚼機能の観

点から筋機能の評価が重要である¹⁵⁾とされている。筋機能の評価するためには、咬合力測定や筋電図測定などの顎機能検査が行われることが多いが、本研究より MRI 撮影や側面頭部エックス線規格写真によってもある程度は筋機能に関連した情報が得られる可能性があることが示唆された。MRI 撮影が実施されない場合にも、側面頭部エックス線規格写真により筋機能に関連し得る情報を得ることは口腔機能発達不全症に対する対策に資する可能性が期待できると考えられた。

結論

顎顔面骨格形態と咬筋の機能力には関連性があり、側面頭部エックス線規格写真から筋機能に関連する情報が得られる可能性が示唆された。

謝辞

稿を終えるにあたり、懇篤なる御指導と御校閲を承りました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野上岡寛教授に深甚なる謝意を表します。また、懇切なる御校閲と本研究の遂行に際し、御指導をいただきました岡山大学大学院大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野川邊紀章准教授に謹んで感謝の意を表します。さらに本研究の立案当初から終始懇切なる御助言、御指導をいただきました岡山大学病院矯正歯科中村政裕助教に謹んで感謝の意を表します。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歯科矯正学分野の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth Angle's system. 7th ed. Philadelphia : S.S. White Dental Manufacturing , 1907.
- 2) Andresen V, Haupl K, Petrik L. Funktionskieferorthopadie. 5th ed. Munchen : Johann Ambrosius Barth , 1953.
- 3) Antonarakis GS, Kiliaridis S. Predictive Value of Masseter Muscle Thickness and Bite Force on Class II Functional Appliance Treatment : A Prospective Controlled Study. *Eur J Orthod* **37** : 570-577, 2015.
- 4) Antonarakis GS, Kjellberg H, Kiliaridis S. Bite Force and its association with

- stability following Class II/1 functional appliance treatment. *Eur J Orthod* **35** : 434-441, 2013.
- 5) Kamegai T, Tatsuki T, Nagano H, Mitsuhashi H, Kumeta J, Tatsuki Y, Kamegai T, Inaba D. A determination of bite force in northern Japanese children. *Eur J Orthod* **27** : 53-57, 2005.
 - 6) Braun S, Bantleon HP, Hnat WP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Johnson BE. A study of bite force, part 2. Relationship to various cephalometric measurements. *Angle Orthod* **65**: 373-377, 1995.
 - 7) Miralles R, Hevia R, Contreras L, Carvajal R, Bull R, Manns A. Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types. *Angle Orthod* **61** : 277-284, 1991.
 - 8) Gomes SGF, Custodio W, Jufer JSM, Cury AADB, Garcia RCMR. Mastication, EMG Activity and Occlusal Contact Area in Subjects with Different Facial Types. *CRANIO* **28** : 274-279, 2010.
 - 9) NG HP, Foong KWC, Ong SH, Goh PS, Huang S, Liu J, Nowinski WL. Quantitative Analysis of Human Masticatory Muscles Using Magnetic Resonance Imaging. *Dentomaxillofac Radiol* **38** : 224-231, 2009.
 - 10) Park S, Shin WS. Differences in eating behaviors and masticatory performances by gender and obesity status. *Physiol Behav* **138** : 69-74, 2015.
 - 11) Close PJ, Stokes MJ, L'Estrange PR, Rowell J. Ultrasonography of masseter muscle size in normal young adults. *J Oral Rehabil* **22** : 129-134, 1995.
 - 12) Kataoka T, Kawanabe N, Shiraga N, Hashimoto T, Deguchi T, Miyawaki S, Takano-Yamamoto T, Yamashiro T. The influence of craniofacial morphology on mandibular border movements. *Cranio* **31** : 14-22, 2013.
 - 13) Kiliaridis S, Kalebo P. Masseter muscle thickness measured by ultrasonography and its relation to facial morphology. *J Dent Res* **70** : 1262-1265, 1991.
 - 14) Frost HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage : an overview for clinicians. *Angle Orthod* **64** : 175-188, 1994.
 - 15) 日本歯科医学会：口腔機能発達不全症に関する基本的な考え方。2020。
<https://www.jads.jp/basic/pdf/document-200401-3.pdf>
(accessed 2020.12.10)

表題脚注

本論文の一部は、以下の学会において発表した。

第 63 回中・四国矯正歯科学大会（2020 年 7 月、島根）

図の説明

- 図 1 咬合力測定システム用フィルムによる最大咬合力の評価
最大噛み締めを行なった咬合力測定システム用フィルムは咬合力分析ソフト「バイトフォースアナライザ」にて咬合力を可視化し、客観的に数値として表す。
- 図 2 筋電図による最大振幅値の評価
A 安静時波形：皮膚前処理剤を用いて咬筋相当部電極シール設置部位の油分および角質除去し電極と皮膚の接触抵抗（インピーダンス）を減少させノイズが生じないことを確認し計測。B 噛み締め時波形：噛み締めを行った状態の両側咬筋の最大振幅値を測定。
- 図 3 MRI 撮影による咬筋容積の評価
A 咬筋断面：MRI で得られた全てのスライス画像にて 3D 医用画像処理ワークステーション用いて咬筋の断面を抽出。B 咬筋容積：得られた各スライス画像の総和を咬筋容積として計算。図は右前方向からの咬筋容積を示す。
- 図 4 側面頭部エックス線規格写真による顎顔面骨格形態の評価
A は角度計測項目，B は線計測項目を示す。
SNA：SNA 角，SNB：SNB 角，ANB：ANB 角，PP-FH：フランクフルト平面に対する口蓋平面角，MP-FH：フランクフルト平面に対する下顎下縁平面角，Go A.：下顎角，U1-SN：SN 平面に対する上顎中切歯歯軸角，L1-MP：下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸角，S-N：前頭蓋底の長さ，Ptm-A/PP：口蓋平面に対して翼上顎裂および A 点から引いた垂線の距離，Go-Me：下顎骨体長，N-Me：顔面高，U1-PP：口蓋平面に対する上顎中切歯切縁との位置関係，L1-Mp：下顎下縁平面に対する下顎中切歯切縁との位置関係，OJ：オーバージェット，OB：オーバーバイト

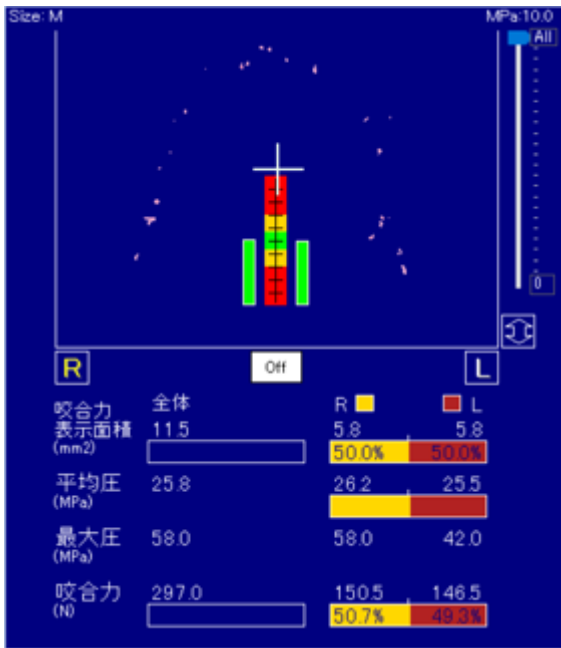


図1 中西 泰之

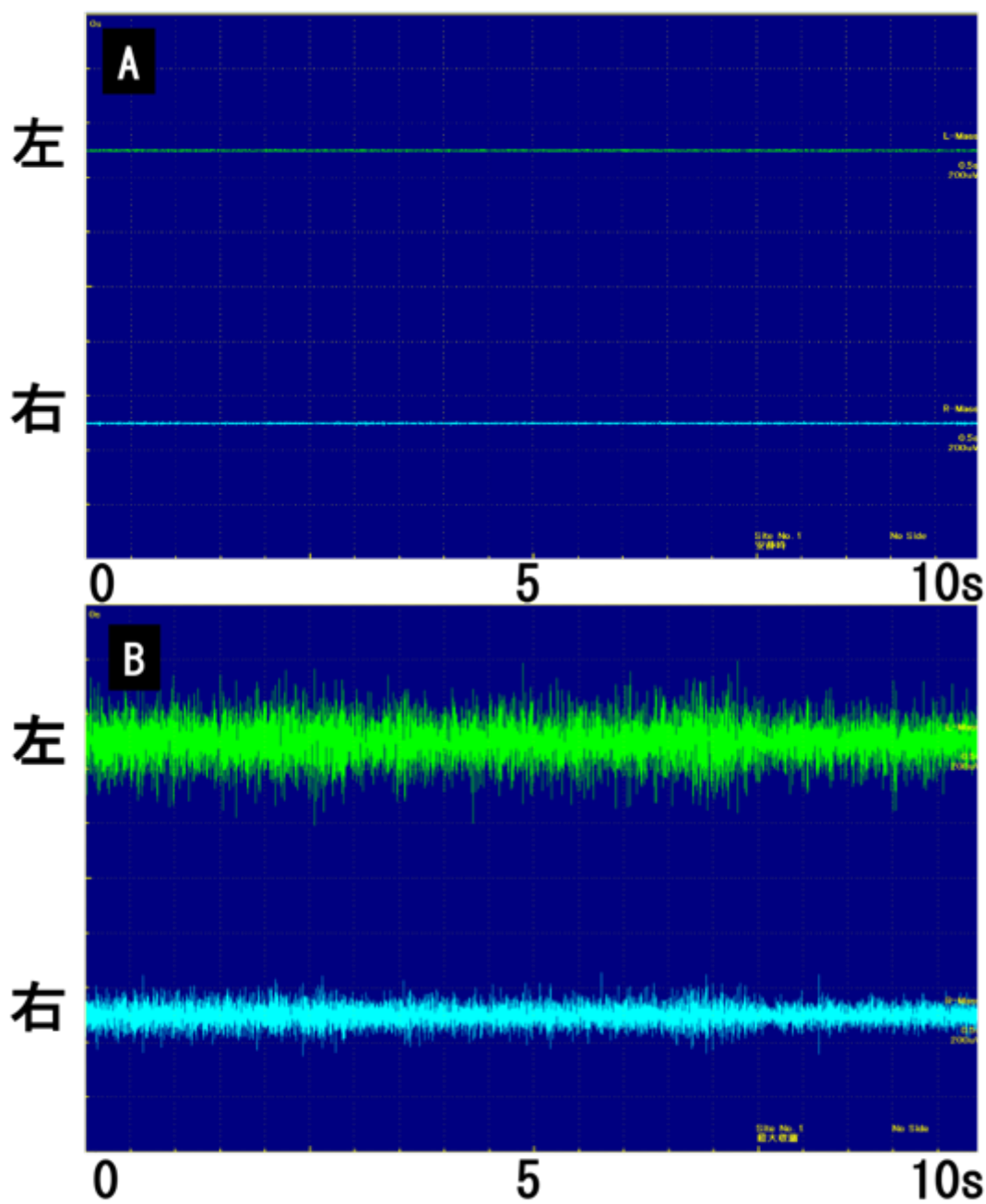


图2 中西 泰之

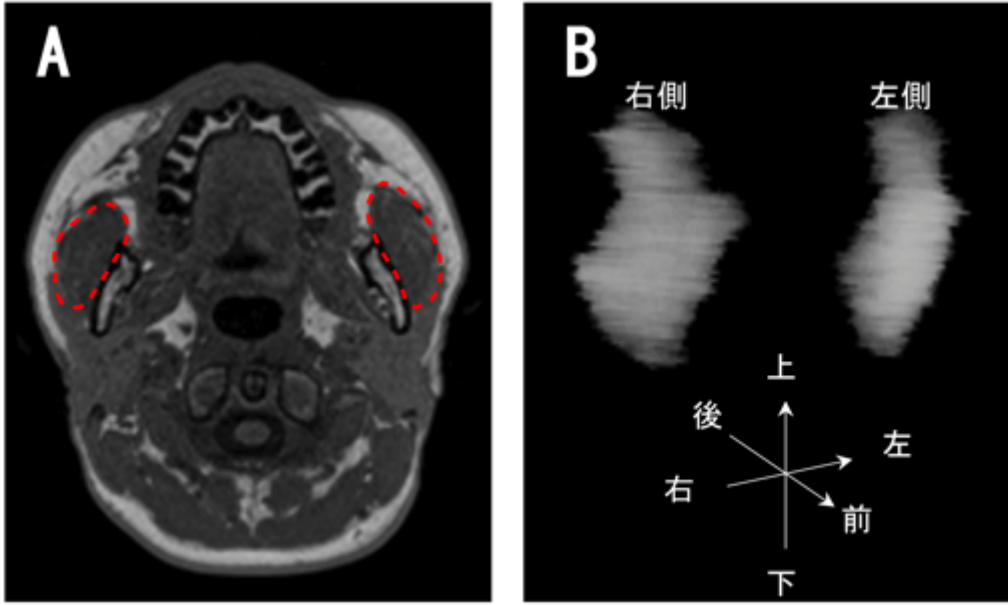


图3 中西 泰之

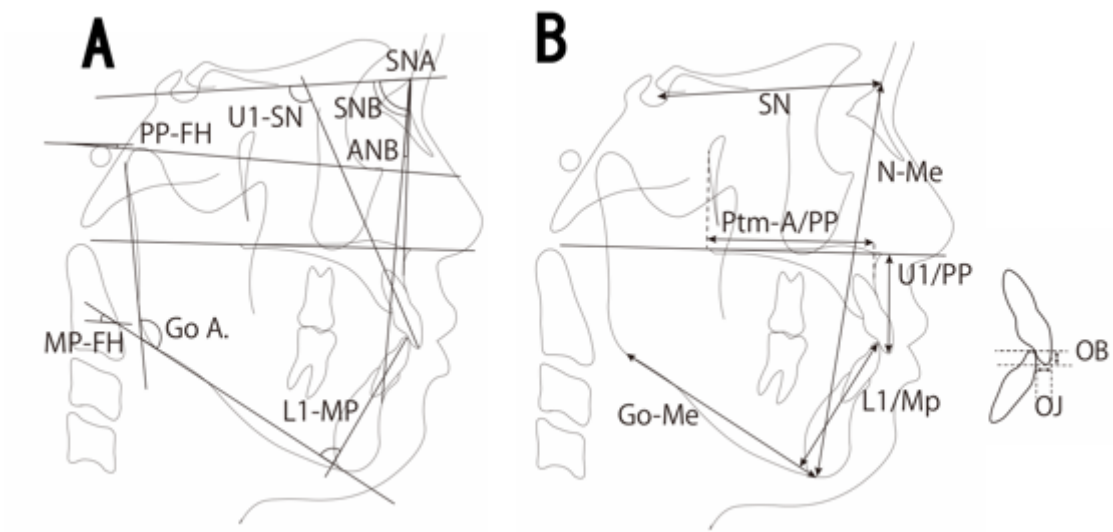


图 4 中西 泰之

表 1 身長および体重と最大咬合力, 最大振幅値および

咬筋容積との相関

	身長	体重
最大咬合力	- 0.011	- 0.059
最大振幅値	- 0.108	- 0.177
咬筋容積	0.012	- 0.109

有意水準 : * $P < 0.05$

表 2 最大咬合力, 最大振幅値, 咬筋容積における相関

	最大咬合力	最大振幅値	咬筋容積
最大咬合力		0.435 *	0.170
最大振幅値	0.435 *		0.297
咬筋容積	0.170	0.297	

有意水準 : * $P < 0.05$

表 3 顎顔面骨格形態と最大咬合力，最大振幅値，咬筋容積との相関

	角度計測項目							
	S-N-A	S-N-B	A-N-B	PP-FH	Mp-FH	Go A.	U1-SN	L1-Mp
最大咬合力	0.107	- 0.010	0.089	- 0.196	0.012	0.031	0.037	0.192
最大振幅値	- 0.239	0.069	- 0.255	- 0.265	- 0.386 *	- 0.265	- 0.118	0.148
咬筋容積	- 0.107	- 0.046	- 0.025	- 0.297	- 0.453 *	- 0.610 *	- 0.125	0.387 *
	線計測項目							
	S-N	Ptm-A/PP	Go-Me	N-Me	U1/PP	L1/Mp	OJ	OB
最大咬合力	0.218	0.341	- 0.088	0.012	0.208	0.152	0.078	0.266
最大振幅値	0.169	- 0.051	- 0.031	- 0.042	- 0.076	- 0.200	- 0.340	0.448 *
咬筋容積	0.483 *	0.355	0.387 *	- 0.038	0.139	- 0.198	0.142	0.072

有意水準：*P<0.05