

下顎骨の形態と咀嚼に関する生体力学的考察 (咬合力測定手法が咀嚼筋力推定に及ぼす影響について)

Biomechanical Study of Human Mandible concerning Correlation of Morphology and Mastication

(Influence of measuring methods of biting forces on estimation of masticatory forces)

○高橋満理子(昭和大), 小関道彦(東工大), 伊能教夫(東工大), 槇宏太郎(昭和大)
Mariko TAKAHASHI, Michihiko KOSEKI*, Norio INOU*, and Koutarou MAKI

Dept. Orthodontics, Showa University, 2-1-1, Kitasenzoku, Ota-ku, Tokyo, 145-8515 Japan

*Dept. Mech. Ctrl. Eng., Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550 Japan

There are a number of studies conducted on a human masticatory system. We also have focused on the biomechanical characteristics of the craniofacial structure and proposed an analytical method with patient-specific finite element models. However, there are a few procedures to measure biting forces under mastication. This study compares two measurement methods of biting forces and clarifies influences on estimation of masticatory forces.

Key word: Biomechanics, Patient-specific finite element modeling, Human mandible, Occlusion.

1. はじめに

本研究では、咬合時に顎顔面に生じる力学状態について検討するため、X線CT画像に基づき構築した個別モデルを用いて応力状態を解析している¹⁾。ここで、解析に利用する力学条件としては、実験的に計測した咬合力(歯に加わる荷重の大きさ)および、咬合力と表面筋電位の情報から推定される咀嚼筋力を用いている。このため、解析によって得られる応力状態は咬合力の測定結果に大きく左右されると予想される。しかし、咬合力の測定を正確に行うことは困難であり、測定手法はいくつかに限定される。本稿では、咬合力を測定する装置として一般に用いられている2つの手法を同一被験者に適用し、その違いについて考察する。

2. 被験者の咬合力測定

被験者の咬合力の測定を行った。被験者は14歳の女性で良好な咬合状態を示しており、咀嚼機能障害は見られない。被験者を歯顎顔面用コーンビームX線CT装置CB MercuRay(日立メディコ株式会社)で撮影し、三次元構築した顎骨形状を図1に示す。

この被験者に対し、それぞれ3回の咬合練習をさせた後、以下の2つの咬合力測定装置を用いて咬合力を測定した。

- 咬合力測定システム デンタルプレスケール オクルーザー FPD-705(株式会社ジーシー)
- 圧力分布測定システム I-SCAN(ニッタ株式会社)

また、これと同時に側頭筋前腹(Ta)、側頭筋後腹(Tp)および咬筋(M)の表面筋電位を測定した。1回の咬合について、閉口から開口までの約0.5秒間の表面筋電位の様子を図2に示す。これより、今回の実験

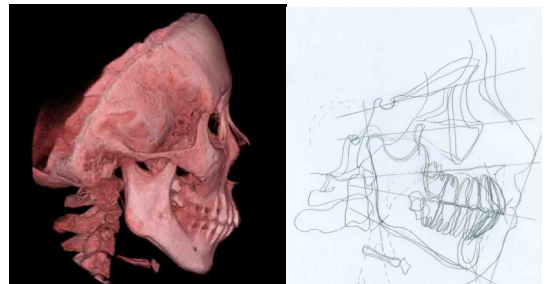


Fig.1 CBCT image and X-P trace of a subject.

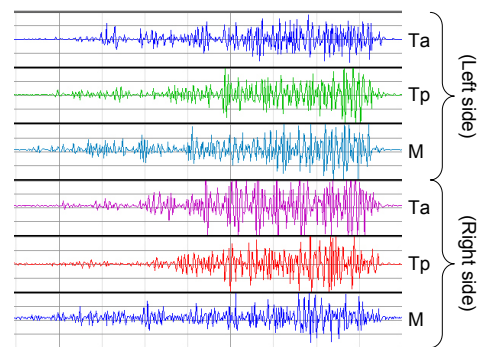


Fig.2 EMG of the subject in tapping.

では閉口に伴い筋活動がゆるやかに上昇し、嵌合後に活動が急激に収まっていることがわかる。

2.1 デンタルプレスケールによる咬合力測定

デンタルプレスケールは、PET フィルムの支持体に顔色剤を塗布し、その上にマイクロカプセル化した発色剤を塗布したモノシートであり、高い空間分解能を有している。しかし、マイクロカプセルの破砕によって接触箇所および圧力を計測する方式であるため、咬合力の時系列変化を計測することは不可能であるという特徴がある。デンタルプレスケールによる咬合力測定結果を図3に示す。

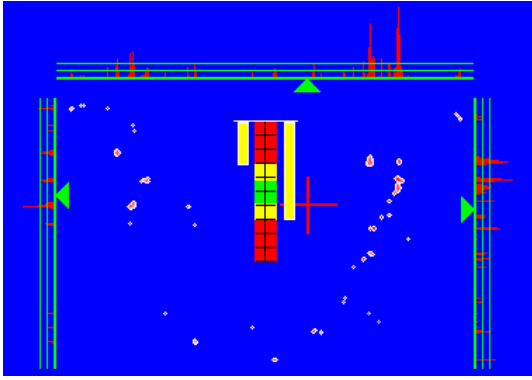


Fig.3 Biting forces measured with dental prescale.

2.2 圧力分布測定システムによる咬合力測定

一方、今回測定に利用した圧力分布測定システム I-SCANは、袋状に成型された樹脂フィルム内に格子状に並べられた導電性インク同士の接触圧力をリアルタイムに検知するものである。この方式のため、時系列の情報を得ることはできるが、格子サイズがデンタルプレスケールに比べて粗い(1.27mm²)という特徴がある。

本システムを用いて 1 回の咬合時の測定結果に対し、全ての格子の感度が同一であるとしたときに各格子で得られたセンサ出力の最大値をプロットした結果を図 4 に示す。ここで、図の縦軸および横軸は格子番号を意味しており、それぞれ 1 単位あたり 1.27mm である。また、色表示はセンサの出力値 (8bit) を意味している。

本装置の場合には時系列に情報が得られるため、各時刻における咬合力の大きさと重心の移動をプロットした結果を図 5 に示す。

3. 考察

デンタルプレスケールを用いて計測した咬合力分布 (図 3) と圧力分布測定システムを用いて計測した結果 (図 4) はとても近似しており、それぞれ赤い十字で示した重心位置もほぼ同位置を示した。しかし、今回の実験は圧力分布測定システムの校正を行わずに計測したため、測定した咬合力の大きさが不明であり、各時刻での咬合力はデンタルプレスケールによる結果よりも低くなっている可能性がある。また、図 5(a) から咬合力の時間的変化は図 2 に示した筋電位変化と相関があるように見え、瞬間的な状態を力学条件として設定するためには本システムは有用であると思われる。そして、図 5(b) より重心位置が前後左右に ±6mm ほど変動する様子が観察された。この変動は早期接触がある被験者の場合にはさらに大きいと予想される。

4. まとめ

本稿では 2 つの咬合力測定装置を用いて被験者の咬合力を測定し、その結果を比較検討した。今回実験に用いた 2 つの咬合力測定方法はそれぞれ異なる特徴を有しており、それらの特徴を十分に把握

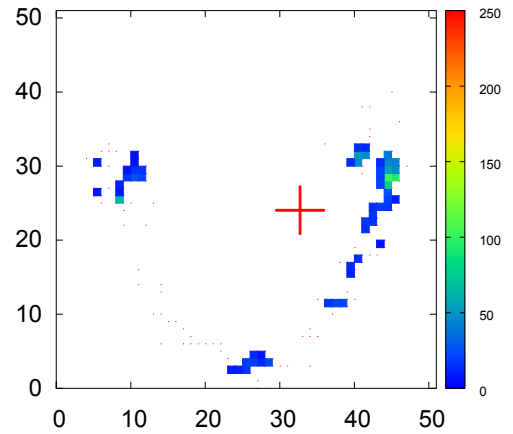
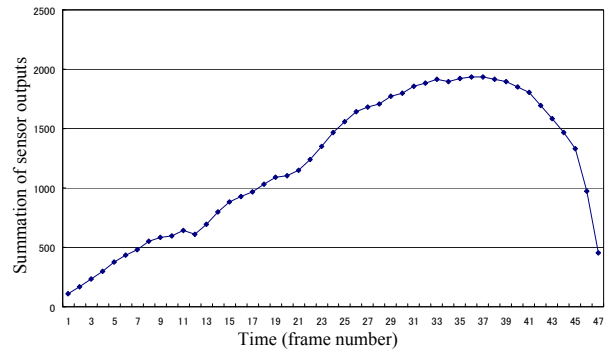
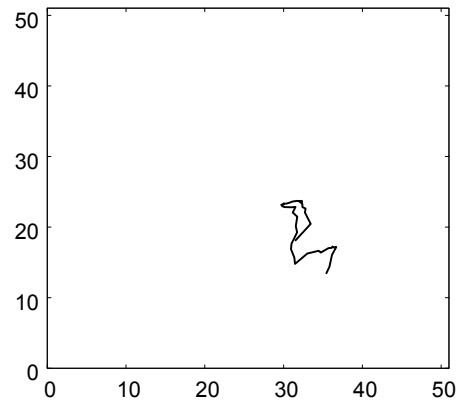


Fig.4 Biting forces measured with I-SCAN.



(a) Profile of sensor outputs (biting forces.)



(b) Trajectory of center of gravity of biting forces.

Fig.5 Sequential information of biting forces.

した上で目的とする情報に適した装置を用いることが望ましい。

今後、これらの結果についてより詳細に検討し、咀嚼筋力の推定および応力解析結果に与える影響について明らかにしたい。

参考文献

- 1) 高橋満理子, 小関道彦, 伊能教夫, 槇宏太郎: 下顎骨の形態と咀嚼に関する生体力学的考察 (特徴的な形態を有する下顎骨の個体別有限要素モデリング); 第14回顎顔面バイオメカニクス学会大会 抄録集, pp.49-50, 2006.