Mechanical analysis of the mandible fixed with the plate by FEM

○学貞金 崇文* (近大生物理工院)

正 松本 俊郎* (近大生物理工)

本橋 具和** (大阪歯科大口腔外科学第二講座)

山崎 行庸** (大阪歯科大口腔外科学第二講座)

大西 祐一** (大阪歯科大口腔外科学第二講座)

中嶋 正博** (大阪歯科大口腔外科学第二講座)

覚道 健治** (大阪歯科大口腔外科学第二講座)

*Takafumi SADAKANE, Toshiro MATSUMOTO, Faculty of Biology-Oriented Sci. &Tech., Kinki University, 930, Nishimitani, Uchita-cho, Naga-gun, Wakayama, 649-6493

** Tomokazu MOTOHASHI, Yukinobu YAMAZAKI, Yuichi ONISHI, Masahiro NAKAJIMA, Kenji KAKUDO, Second Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, Osaka Dental University, 1-5-17, Otemae, Chuo-ku, Osaka, 540-0008

The mechanical characteristics of the mandible after bilateral sagittal split osteotomy through the use of 2 different plates to stabilize the osteotomy were compared by using three-dimensional finite element method. Three dimensional models were developed based on the geometry reconstructed from computed tomography. Straight(I-type) and L-type plates with 4 cortical screws were used to stabilize the osteotomy. A 41.6N univertical compressive load was applied above left first molar in downward direction. To evaluate the mechanical characteristics of these 2 plates, following two items were compared: 1) the resulting deflections at the central incisor of left side, 2) the mechanical stresses developed at the 4 screws of the stabilizing plates. The smaller deflection was found at the central incisor of L-type plate and the plate suggested higher mechanical stability. The lower mechanical stresses were acting on the L-type plate, whereas I-type plate is associated with higher values.

Key word: Stress distribution, finite element method(FEM), osteotomy, Plate

1. 緒言

下顎前突症の治療に関して、下顎枝矢状分割後骨接合を強くするため様々な固定方法が使われている。

これらの方法により臨床的には骨接合が行われているが、力学的特性を定量的に調べた研究は十分に行われていない。ヒトの顎に対して直接、実験的に力学的特性を測定することは生体に対する実験条件、測定方法等を検討すると困難である。有限要素法による下顎骨のモデル化および力学解析を行い比較検討することは有意義であると考えられる。そこで本研究では、下顎枝前突症の外科的治療に用いられる下顎枝矢状分割法に関して分割したモデルを作成しストレート（以下I型）とL型各タイプの2種類のプレート固定性について解析を行い、その結果について比較検討した。

2. 材料と方法

2.1 CT撮影装置による画像とモデリング

顎変形症患者の下顎骨の下部より頭頂部迄CT撮影装置(Hi Speed Advantage, GE Medical System 社製)により撮影を行

い、1mm間隔でCT画像を15枚作成した。各画像を画像処理ソフト(Scion Image)により点データに変換した。なお、撮影にあたって被検者に対して、本研究の目的および方法を説明し、同意を得て行った。

2.2 有限要素モデルの作成

抽出した点データを有限要素ソフトCOSMOS/M Ver2.8(株SRAC)に取り込んだ。図2.1に示すように同ソフトにより各断面上の点データを重ね合わせ外科的治療の前の下顎骨モデルとした。

Fig2.1 Three-dimensional model constructed from CT

このモデルに下顎枝矢状分割法により図 2.2 に示すように下歯層神経の部位を避けて内側および外側の各面に骨切りを行い、2 種類のプレートを使って骨接合したモデルを作成した。次に CT 画像で上顎の前歯と下顎の前歯の間隔と、上顎の前歯の厚みから下顎体の後方への移動量を 7mm とし内側骨片を後方へ移動した。I 型及び L 型各プレートはチタン製で厚さ 0.55mm, ネジは直径 2 mm, 長さが 5 mm の物を用いた。

Fig2.2 FEM models with plates after bilateral sagittal split osteotomy

2.3 力学的定数の設定

モデルの材料定数として、皮質骨に 10GPa、海綿骨に 500MPa、歯に 17GPa、骨接合プレートに 986MPa とし、ポアソン比はすべて 0.3 とした。ただし、矢状分割部の骨の接合強度が低下しているので切断面からの距離によりヤング率が段階的に上昇するものと仮定した。拘束条件は、下顎枝上部をすべて完全拘束した。荷重条件は、咬合力として左側第 1 大臼歯に歯に垂直な力 41.6N を加えた。

3. 解析結果および考察

3.1 左側中切歯における変位の比較

図 3.1 に集中荷重を加えた場合の各モデルにおいて得られた左側中切歯の変位を示す。図において L 型プレートが小さな変位を示し高い固定性があることが示唆される。

3.2 I 型および L 型プレート上に生じた応力の比較

図 3.2 に左側骨接合プレートを骨に固定するための四つのネジの部分で得られた応力分布を示す。図において横軸の a, b, c および d は、図 3.3 に示すプレート上のねじの位置にそれぞれ対応している。図において L 型プレートの場所 a, b

は、図 3.3 に示されるように、矢状分割法することにより分離された近位側の下顎骨上の場所に対応している。L 型プレート上の応力が全体的に低く表れている。このプレートが骨接合に適していると推察される。

Fig 3.1 Comparisons of the deflection at the left side central incisor

Fig3.2 Comparison of the von Mises stresses obtained from base, I-type and L-type plates for concentrated load applied to 1st molar.

Fig3.3 Stress distributions obtained for I-type and L-type plates (1)I-type (2)L-type

参考文献

(1)前田芳信他, 顎関節の形態的变化に関する生体力学的シミュレーション 第1報:顎関節部の応力分布に影響を与える因子について, 日顎誌, (1991),3,1-9