

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19592348
 研究課題名（和文） 咀嚼－機械的応力に対する骨リモデリングのシミュレーションから下顎偏位を解明する
 研究課題名（英文） Evaluation of the process of the mandibular deviation by the simulation of bone remodeling.
 研究代表者
 齋藤 功（ SAITO ISAO ）
 新潟大学・医歯学系・教授
 研究者番号：90205633

研究成果の概要（和文）：

偏位咬合の増悪は習慣性咀嚼によるメカニカルストレスに顎骨が適応していくことが一つの要因として考えられてきた。偏位咬合患者のCT画像より下顎骨と咀嚼筋を取り出し、咀嚼筋の断面積と走行から筋力ベクトルを決定し、下顎骨における三次元有限要素解析を行った。その結果、偏位側においてより広範囲な応力の分布が観察され、これにより応力分布の非対称性が、成長期における下顎骨の非対称性の増悪に関与している可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Some previous reports have indicated that mechanical stress caused by habitual mastication is possibly one of the factors for the exacerbation of the skeletal mandibular deviation. The mandible and masticatory muscles were taken from the CT images of patients with diverted mandible. The finite element model of the mandible was constructed using CT images, and then stress vectors measured by the diameter and direction of the muscles were applied to the model. As a result, wider stress distribution was seen in the diverted side of the mandible compared with the non-deviated side. This result showed that the asymmetric stress distribution might exasperate the diverted mandible in the pubertal growth.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：歯科矯正学

科研費の分科・細目：歯学・矯正・小児系歯学

キーワード：顎変形症、偏位咬合、骨リモデリング

1. 研究開始当初の背景

近年、矯正臨床において顎変形症偏位咬合（顔が曲がっている）患者の増加が認められる。これらの患者の下顎骨形態に注目してみると、その多くに顎関節形態および下顎骨体部の左右非対称が顕著に認められる。こういった顎関節及び下顎骨体部に顕著な左右非対称が認められる原因として、恒常的に加わる負荷-咀嚼-による応力の左右非対称による下顎骨成長および骨リモデリングの左右不均衡が考えられてきた。今までに、顎変形症偏位咬合患者の咀嚼時顎運動計測から咀嚼運動時の顎関節移動量の非対称性について、咀嚼筋断面積の非対称性について明らかにしてきた。しかしながら、実際の咀嚼時に下顎骨へかかる負荷の詳細な部位、量を検討することは咀嚼運動および下顎骨形態の複雑さのため不可能であった。しかしながら、顎変形症偏位咬合患者固有の下顎骨における咀嚼運動時の応力分布を詳細に検討することによってのみ、成長期における偏位咬合の増悪、骨リモデリングの不均衡を明らかにすることが可能となると考え、近年開発された CT 画像から直接構築した構造物をモデルとした三次元有限要素解析を用いて検討を行うこととした。本研究により、下顎骨において患者固有の咀嚼による応力の分布を解析し、その応力に対する骨リモデリングの様子を明らかにすることが可能となると考えた。また、将来、外科的矯正治療の適応症となる重度の顎変形症患者を減らすため、左右顎関節への負荷が均等になるように咬合、咀嚼様式に成長期から積極的にアプローチする治療法開発の一助となると考えた。

2. 研究の目的

顎変形症偏位咬合患者の咀嚼による応力と骨形態との関連を明らかにするため、顎変形症偏位咬合患者の CT 画像を用い、患者固有の咀嚼運動による顎骨への負荷を想定し、患者固有の下顎骨構造、咀嚼筋による筋力ベクトルを用いた有限要素解析を行う。また、その結果から、下顎骨が偏位を増悪させる過程をシミュレーションし検証することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) CT 画像データを用いた下顎骨立体再構築および被験者の選択

顎変形症と診断され、顎関節及び顎骨の精査のために CT 撮影が必要となった患者を対象とし、患者の頭部 CT 画像データを用いた。また、咀嚼時の下顎骨への負荷を検討しているため、開咬症例は除外した。画像処理ソフト

を用いて CT 画像データより下顎骨を立体再構築し、構築された下顎骨の左右非対称について検討し、骨体部の非対称性が明らかな症例を被験者として選択した。

(2) 咀嚼筋群の走行および断面積の計測

被験者の CT 画像データより、左右咀嚼筋の閉口筋（咬筋、内側翼突筋、側頭筋）を選択し、走行と設定した位置の断面積を求めた。

(3) 咀嚼時の下顎骨における応力分布の検索

構築した下顎骨三次元画像に、咀嚼時にかかる負荷を想定して咬合面を拘束し、患者固有の咀嚼筋から筋力ベクトルを設定し、三次元有限要素解析を行った。これより明らかになった下顎骨における応力分布を、咀嚼運動時に下顎骨に生じる応力とみなして検討した。また、患者固有の咀嚼運動が、偏位咬合を増悪させる骨リモデリングの左右不均衡を引き起こすのか検討するため、左右の筋力ベクトルを同じに設定した有限要素解析も行った。

4. 研究成果

(1) 主な成果

顎変形症偏位咬合患者の下顎骨の取り出し、および非対称性の検討については、取り出した下顎骨を左右で反転させた像を作成し、それぞれのオトガイ部を基点に重ね合わせを行い、二つの画像のずれの大きい症例を被験者とした。偏位咬合の成り立ちには様々な要因が絡んでいるため、下顎骨形態は症例によって様々であった（図1）。

次に、取り出した下顎骨に対し、咀嚼筋を参考に設定して行った三次元有限要素解析を行った。これにより下顎骨における咀嚼時の応力分布が明らかとなった（図2）。偏位側、非偏位側ともに応力の分布は近似していたが、偏位側においてより広範囲な応力の分布が認められ、特に、下顎骨舌側、頬側下縁において非偏位側より強い応力の分布が観察された（図3）。また、左右の筋力ベクトルを同じに設定した場合よりもその差は顕著であった。

これら結果から、顎変形症偏位咬合患者では、患者固有の咀嚼筋の非対称により下顎骨の応力分布の非対称性が助長されることが明らかとなった。また、この応力分布の非対称性と、メカニカルストレスに対し骨がその均衡を保つためにリモデリングしていく過程を合わせて検討すると、偏位側の下顎骨下縁部頬側に皮質骨が添加することが推察さ

れた。つまり、恒常的に加わる負荷—咀嚼—が偏位咬合患者の非対称な下顎骨形態の増悪に関与している可能性が示唆された。

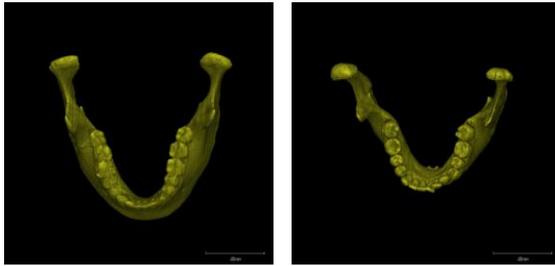


図 1. 選択された被験者の下顎骨形態

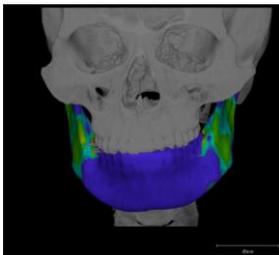


図 2. 顎顔面形態と下顎骨の応力分布図 右側が非偏位側、左側が偏位側

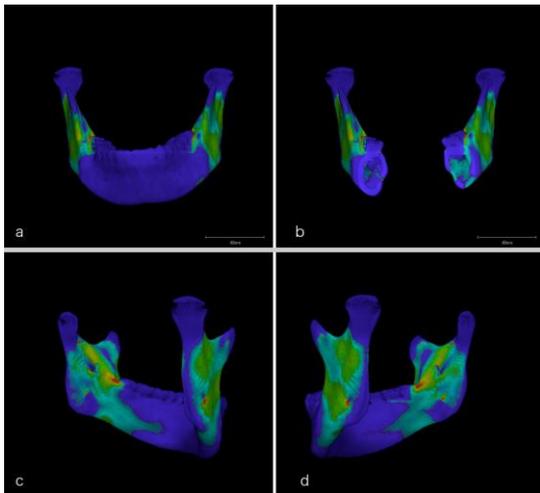


図 3. 下顎骨における応力分布図

a. 下顎骨正面 偏位側、非偏位側の非対称性は近似している。b. 下顎骨前頭断 偏位側の下顎骨舌側、頬側下縁に応力の分布が認められる。c, d. 偏位側、非偏位側の舌側骨表面の応力分布

(2) 得られた成果の位置づけとインパクト

今までに、一般的な下顎骨への応力分布を明らかにする方法として、光弾性装置による方法、下顎骨簡略化モデルを用いた二、三次元有限要素解析などが試みられてきた。しかしながら、下顎骨形態を簡素化したモデルを用い、かつ筋力ベクトルの一般化した、下顎骨を左右対称とみなす解析方法がほとんどであり、非対称な下顎骨、咀嚼筋における応力分布について、その詳細は明らかになっ

ていなかった。また、顎変形症の増悪に、咀嚼、咬合力の関与が示唆されていたにもかかわらず、その検証はなされていなかった。本研究では、左右非対称な下顎骨実像を用い、筋力ベクトルも患者固有の咀嚼筋から算出した有限要素解析を行った。その結果、応力分布の非対称性が明らかとなり、また、それは応力の集中している部位へのリモデリングによる骨添加を示唆するものであった。これにより顎変形症の増悪への咀嚼、咬合力の関与が示された。

(3) 今後の展望

本研究結果より、非対称な負荷により下顎骨の応力分布に非対称性が認められることが示された。今後は、本研究で明らかにした顎変形症の増悪への咀嚼の関与を、骨リモデリングのシミュレーションにより更に詳細にその過程を明らかにする予定である。また、今回は下顎骨を取り出して解析を行ったが、顎変形症偏位咬合を呈する症例は、下顎骨のみが非対称、偏位している症例は少なく、図 2 に示すように、上顎骨から非対称な症例や、上顎に対する左右下顎頭の位置の前後的な違いが認められる症例など、上顎を含む中顔面領域から非対称な形状を示す症例が多く認められる。今後は、上顎骨に対する応力解析も併せて行うことで、さらに顎変形症偏位咬合の増悪する要因について検討を続ける予定である。

最終的には、これらの結果に基づいて、顎変形症の増悪を防ぐために、不均衡な咀嚼様式の追求およびその改善に成長期から積極的にアプローチする治療・管理法を確立することである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

- (1) 小原彰浩、寺田員人、松原大樹、越知佳奈子、齊藤 力、齋藤 功: 顔面軟組織形状と歯列石膏模型の三次元データ統合精度の検討: 日本顎変形症学会雑誌, 19(4): 193-198, 2009, 査読有
- (2) T. Torisu, K. Yamada, T. Fukui, M. Yamaki, J. Nakamura, I. Saito: A cross-sectional study on the relationship between craniofacial morphology and the coronoid process: Euro J Orthod., 31:

613-619, 2009, 査読有

- (3) Gary A. Estomaguio, Kazuhiro Yamada, Isao Saito: Unilateral condylar bone change, inclination of the posterior slope of the articular eminence and craniofacial morphology: Orthodontic Waves, 67(3): 113-119, 2008, 査読有
- (4) Talat Al-Gunaid, Kazuhiro Yamada, Ritsuo Takagi, Chikara Saito, Isao Saito: Postoperative stability of bimaxillary surgery in Class III patients with mandibular protrusion and mandibular deviation: A frontal cephalometric study: International Journal of Oral Maxillofacial Surgery, 37 (11) : 992-998, 2008, 査読有

[学会発表] (計 10 件)

- (1) Isao Saito, Clinical Considerations in Adult Orthodontic Treatment, 7th International Orthodontic Congress, 2010年2月6日, シドニー, オーストラリア
- (2) 齋藤 功, シンポジウム 2「顎変形症治療ゴールのコンセンサスを求めて」 外科的矯正治療のゴール設定にあたって配慮していること, 第 20 回特定非営利活動法人日本顎変形症学会総会, 2009 年 6 月 4、5 日, 仙台市
- (3) 小原彰宏, 顔面軟組織と歯列模型の三次元統合データを応用した顔面口腔周囲軟組織形態の三次元分析法の開発, 第 20 回特定非営利活動法人日本顎変形症学会総会, 2009 年 6 月 4、5 日, 仙台市
- (4) 齋藤 功, 「診断と治療計画—あなたならどうしますか?—」, 日本顎変形症学会 第 3 回教育研修会, 2007 年 6 月 22 日, 新潟

[図書] (計 1 件)

- (1) 齋藤 功, 医歯薬出版(株), 『歯科矯正学 第 5 版』、2008、390 頁

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 功 (SAITO ISAO)
新潟大学・医歯学系・教授
研究者番号 : 90205633

(2) 研究分担者

渡邊 直子 (WATANABE NAOKO)
新潟大学・医歯学系・助教
研究者番号 : 10397143