

全部床型オーバーデンチャーにおける下顎犬歯根面板の  
テーパーが咬合時の義歯床下組織および支台歯に与える  
力学的影響

日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座

研究講座員 藏田 明美

(指導：石上 友彦 教授)

## 緒 言

少数歯残存症例におけるオーバーデンチャーは臨床で広く使われており、近年オーバーデンチャーに磁性アタッチメントを応用した症例の臨床効果についても数多く報告されている<sup>1-5)</sup>。

磁性アタッチメントは、支台歯への側方圧の軽減<sup>1)</sup>、歯軸方向への咬合力の伝達<sup>3)</sup>、ならびに義歯の維持安定の向上<sup>5)</sup>等を目的に使用されている。しかし、支台歯形態の違いにより、支台歯への負担が異なると報告されている<sup>6)</sup>。特に全部床型オーバーデンチャーの場合、根面板の形態によっては義歯の動きの支点となる<sup>5)</sup>ことから、根面板の形態や咬合様式の違いは、支台歯および義歯床下組織の力学的応答に影響を及ぼすと考えられる。根面板の設計に関して、根面板の高さやその上面の傾斜角度の違い等を比較検討した報告<sup>6)</sup>は散見されるが、根面板の側面のテーパーについての報告は認められない。

そこで本研究では、下顎両側犬歯にテーパーの異なる根面板を装着した症例において、両側臼歯部咬合時および前歯部咬合時に義歯床下組織および支台歯が受ける影響について、三次元有限要素法を用いて比較検討した。

## 材料および方法

### 1. 三次元有限要素モデルの構築

下顎両側犬歯残存症例に対して根面板を用いた全部床型オーバーデンチャーによる補綴治療を想定し、解析モデルを構築した。

解析モデルは、皮質骨、海綿骨、象牙質、歯根膜、顎堤粘膜、根面板、義歯床を構成成分とした。解析モデルの基盤となる下顎骨モデルの構築には、頭蓋骨複製模型（P10-SB.1, ニッシン）を原型とし、マルチディテクターCT（Asteion Super4 Edition, 東芝）により撮像し、その撮像データを基に高木<sup>7)</sup>の方法に準拠し、汎用CADプログラム Rhinoceros Ver.1.0 (Robert McNeel & Associates) および汎用有限要素解析プログラム ANSYS Re.12.0 (ANSYS Inc, 以後 ANSYS) を用いた。構成成分と寸法は上条<sup>8)</sup>, 藤田<sup>9)</sup>, 寺倉<sup>10)</sup>および忠隈<sup>11)</sup>らの報告を参考に、歯根膜、義歯床、顎堤粘膜、皮質骨は第1表のモデル寸法を設定した。また、義歯は解析モデルの単純化のために咬合床形態とし、義歯床および人工歯を一体化させた構造とした。

根面板の形態は、上面を仮想咬合平面（以後、咬合平面）と平行とし、高径を舌側顎堤粘膜上縁から 2.5 mm<sup>12)</sup>に設定し、根面板のテーパを 0° , 15° , 30° とした3種の根面板モデルを構築した（第1図）。構築した3種の根面板形態と下顎骨モデルをそれぞれ合成し、モデル0, モデル15, モデル30の解析モデルを構築した（第2図）。

構築に用いた絶対座標系は、XY平面を前頭面、YZ平面が矢状面、XZ平面が水平面となる直交座標系を用い、咬合平面はXZ平面と平行となるよう設定した。

## 2. 材料特性値

歯根膜および顎堤粘膜の材料特性値は、宮下<sup>13)</sup>、後藤<sup>14)</sup>および岸<sup>15)</sup>らの報告を参考に、生体における実測値と近似するように設定した。その他の材料は、過去の報告<sup>16-20)</sup>を参考に設定した(第2表)。

## 3. 荷重条件

荷重条件は、両側臼歯部における咬みしめ時の筋収縮量を想定した荷重(以後、臼歯部荷重)と前歯部における咬みしめ時の筋収縮量を想定した荷重(以後、前歯部荷重)を設定した。臼歯部荷重および前歯部荷重は、Koriothら<sup>21)</sup>の報告を参考に、第3表に示す各筋の走行方向を規定した上で、第4表に示す臼歯部荷重および前歯部荷重に即した荷重を、左右側の咬筋浅部、咬筋深部、内側翼突筋、側頭筋前部、側頭筋中部、側頭筋後部、外側翼突筋下頭、外側翼突筋上頭および顎二腹筋前腹の付着相当部に与えた。

## 4. 拘束条件

全ての荷重条件は両側下顎頭上面を完全拘束<sup>7)</sup>とした。また、咬合接触部位として、臼歯部荷重時は、上顎機能咬頭が接触する下顎左右第一および第二小白歯の遠心窩、下顎左右第一大臼歯の中心窩および遠心窩、ならびに下顎左右第二大臼歯の中心窩相当部にあたる義歯床上の点10ヵ所<sup>21)</sup>とした。前歯部荷重時は、これらに犬歯尖頭部および前歯切縁中央部を含めた16ヵ所を選択し、各々を完全拘束することで咬合接触を再現した(第3図)。

## 5. 解析項目

解析は、XZ 平面における義歯床下皮質骨（以後、床下骨）の最小主応力値と下顎両側犬歯表面に設定した節点に加わる力を計測し評価した。なお最小主応力については、負の値は圧縮応力を、正の値は引張応力を示す。

最小主応力値の計測点は第 4 図に示した。床下骨の最小主応力値は、中切歯相当部、側切歯相当部、犬歯近心部および犬歯遠心部（以後、計測点 a, b, c, d）、第一小臼歯相当部、第二小臼歯相当部、第一大臼歯相当部、第二大臼歯相当部（以後、計測点 e, f, g, h）の左右側 8 点ずつ、計 16 点を計測点として評価した。また、下顎両側犬歯表面の計測点は、表面の唇舌側の 31 点とし、それら加わる力の総和で評価した（第 5 図）。

## 結 果

臼歯部荷重時および前歯部荷重時における床下骨の各計測点における最小主応力値のグラフをそれぞれ、第6図および第7図に示す。臼歯部荷重時ではすべてのモデルにおいて、a、eおよびf点に大きい応力値を示した。それぞれのモデル間で比較すると、c点においてはモデル0が最も小さい応力値を示した。前歯部荷重時では、a、bおよびe点で同程度の大きい応力値を示した。また、モデル間ではa点においてモデル30が最も大きい応力値を示したのに対し、c点においてはモデル0が最も小さい値を示した。全計測点において、臼歯部荷重時は前歯部荷重時と比較して、大きい値を示した。

臼歯部荷重時および前歯部荷重時における下顎両側犬歯表面に設定した計測点に加わる力の総和をそれぞれ、第8図および第9図のグラフに示す。臼歯部荷重時にはモデル0が9.59 Nと最も大きい値を示し、モデル30が7.42 Nと最も小さい値を示した。前歯部荷重時では、モデル0が4.16 Nと最も大きい値を示し、モデル30が3.15 Nと最も小さい値を示し、臼歯部荷重時および前歯部荷重時ともに、モデル30がもっとも支台歯に加わる力が小さかった。

## 考 察

### 1. 荷重について

根面板を有するオーバーデンチャーの咬合を想定した三次元有限要素法による解析実験において、荷重に関しては義歯の両側臼歯部の咬合を想定した検討がほとんどで、荷重位置を変化させて検討しているものは少ない<sup>22-26)</sup>。今回の実験モデルのように、下顎両側臼歯が欠損し、下顎前歯部が残存している症例においては、下顎が前方変位する傾向にある<sup>25,26)</sup>との報告もみられる。

そこで本研究においては、より臨床的な観点から荷重条件を臼歯部咬合時と前歯部咬合時における荷重に設定した。また、従来は筋付着部を拘束し、咬合面側より各咬合接触点に垂直荷重を加えて実験が行われてきた。しかし、これらの方法では、咀嚼筋による咬合力の伝達様相をシミュレーションしたとはいえ、村上<sup>27)</sup>も拘束条件が、変位および応力に影響すると報告していることから、荷重条件および拘束条件は解析結果に大きな影響を及ぼすことが考えられる。本研究においては、生体に近似した実験を行うために、咬みしめ時を想定し、閉口筋である側頭筋、咬筋、内側翼突筋の条件を設定した。このことにより、模型実験や従来の三次元有限要素法では困難であった、より臨床に近い咬みしめ時の応力分析が可能となった。

## 2. 根面板の形態について

これまでの根面板の形態に関する報告では、根面板の形状は台形とドーム状が多くみられる。上田ら<sup>24)</sup>は、根面板をドーム状とすれば機能力を支台歯の歯軸方向に変換することが可能であるとし、また、台形よりドーム状の方が支台歯に加わる側方力は小さくなる<sup>5)</sup>ことなどから、臨床的にはドーム状の根面板が広く用いられている。しかし、本研究においては、磁性アタッチメントを支台装置として応用することを想定しており、根面板をドーム状にした設計は臨床に即していないため、根面板上面を咬合平面と平行に設定した。

木村ら<sup>25)</sup>は根面板支台装置の違いや、根面板の側面部接触状態が義歯の安定に影響すると述べているが、同形状の根面板側面部のテーパの差による影響には、言及していない。臨床においては、根面板のテーパが、オーバードンチャーの支台歯の術後経過に大きく影響を与えることをしばしば経験する。そこで、本研究においては側方力の影響を受けやすいテーパを $0^{\circ}$ 、 $15^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ と変化させた3種類の根面板形態を比較検討した。

## 3. 皮質骨の最小主応力値について

臼歯部荷重時では、第6図が示すように、すべてのモデルにおいて同様な傾向であり、中切歯、第一小臼歯および第二小臼歯相当部に大きい圧縮応力が認められた。吉岡<sup>28)</sup>は下顎無歯顎における総義歯の中心咬合位において、顎堤の頬舌的幅径が小さく粘膜厚径が薄いことが原因となり、中切歯相当部の顎骨面に負担圧が集中すると述べている。今回の実験においては、犬歯部における応力が他の計測点と比較して相対的に小さくなる傾向を示し、さらに



モデル間ではモデル 0 が最も小さい圧縮応力を示した。

一方、第 8 図が示す支台歯に加わる力は、モデル 0 が最も大きい値を示していた。これらの結果は、臼歯部荷重時には義歯を介した荷重が根面板に伝達され、荷重が加わるとともに、臼歯部において義歯が沈下したことによると考えられる。

また、c 点では、モデル 0 が他のモデルと比較して最も小さい圧縮応力を示したのに対し、犬歯表面に加わる力は最も大きい値を示した。これは、犬歯が義歯を介して咬合力を受けたとき、犬歯支台歯の変位量が、歯根膜厚径の範囲内の変位<sup>29)</sup>であることが考えられるため、義歯床下皮質骨の影響が小さかったと考えられる。

前歯部荷重時での応力分布は、第 7 図が示すように、臼歯部と比較して前歯部において大きい値を示しており、前方での咬みしめが再現されていると推測できる。モデル間の比較においては、c 点ではモデル 0 が他のモデルと比較して最も小さい応力値を示したのに対して、a 点ではモデル 30 が最も大きい値を示した。また、第 10 図が示す犬歯表面に加わる力はモデル 0 が最も大きい値を示した。これは根面板のテーパーが大きいと義歯による支台歯の沈下が大きくなり、義歯床下皮質骨の正中部に圧縮応力の集中が認められ、テーパーが小さいと支台歯に側方力が加わりやすかったためと考えられる。

これらの結果から、臼歯部荷重時および前歯部荷重時の双方の実験条件において、根面板のテーパーによって応力の分布に違いがみられ、特にテーパーを 0° にしたモデル 0 において最も荷重の影響が大きくなり、テーパーを 30° にしたモデルにおいて最も荷重の影響が小

さくることが示された。臼歯部荷重時にはテーパーを大きくすることで側方力を軽減することができると考えられるが、前歯部荷重時では軽減されないことが示された。

以上のことから、支台歯と義歯床下組織への影響を考えて、支台歯の状態により、根面板のテーパーを設定することが、臨床的に大切であると考えられる。

## 結 論

本研究は、下顎両側犬歯残存症例において、根面板を用いた全部床型オーバーデンチャーによる補綴治療を想定し、下顎両側犬歯にテーパーの異なる根面板を装着した症例において、両側臼歯部咬合時および前歯部咬合時に義歯床下組織および支台歯が荷重時に受ける力学的影響について三次元有限要素法を用いて検討した結果、以下の結論を得た。

1. 義歯床下相当部皮質骨の応力において、臼歯部荷重時での応力分布は、すべてのモデルにおいて、中切歯部、第一小臼歯部および第二小臼歯部に大きい圧縮応力が認められ、前歯部荷重時には、臼歯部と比較して前歯部において大きい値を示した。
2. 根面板形態において、モデル 0 は、最も荷重の影響が大きくなり、モデル 30 において最も荷重の影響が小さくなることが示され、かつ臼歯部荷重時には傾斜角度を大きくすることで側方力を軽減することができると考えられるが、前歯部荷重時には負担が大きくなることが示された。

以上のことから、支台歯の状態により、全部床型オーバーデンチャーにおける支台歯と義歯床下組織への負担を考えると、根面板のテーパーを設定することが、良好な術後経過を得るためにも、臨床的に有益であると考えられる。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、懇切なるご指導およびご校閲を賜りました石上友彦教授に深い感謝の意を表します。また、専攻の立場からご指導を賜った祇園自信仁教授、清水典佳教授および米山隆之教授に心より感謝いたします。

あわせて、本研究に対して多大なるご助言を頂きました補綴学第Ⅱ講座医局員、補綴学専攻大学院生各位、また、研究にご協力頂きました放射線学教室に感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 田中貴信(1992)磁性アタッチメントー磁石を利用した新しい補綴治療ー. 第1版, 医歯薬出版, 東京, 94-121.
- 2) 長岡英一(1981)オーバードンチャーの支持組織の変化に関する実験的研究ー咬合力の負担条件の影響ー. 補綴誌 25, 611-628.
- 3) 石川 晋(1993)歯科用磁性アタッチメントの力学的研究. 口腔病会誌 60, 98-120.
- 4) 有田正博, 竹屋克昭, 鱒見進一, 千草隆治, 守川雅男(1994)磁性アタッチメントを応用した義歯の維持力に関する実験的研究. 補綴誌 38, 284-290.
- 5) 権田知也(1999)オーバードンチャーにおける根面板の形態が支台歯に対する側方力に及ぼす影響. 大阪大歯誌 44, 1-20.
- 6) 田中克典(1995)根面板のデザインの違いが側方力発現におよぼす影響. 九州歯会誌 49, 461-488.
- 7) 高木有哉(2005)補綴装置の三次元有限要素法による力学的解析ー下顎第二大臼歯 1 歯残存症例の支台装置の相違による検討ー. 日大歯学 79, 57-67.
- 8) 上条雍彦(1966)口腔解剖学. 2 版, アナトーム社, 東京, 156-224.
- 9) 藤田恒太郎(1967)歯の解剖学. 第 22 版, 金原書店, 東京, 35-78.
- 10) 寺倉 健(1988)顎堤粘膜厚径に関する研究ー無歯顎補綴における診断への可能性についてー. 補綴誌 32, 546-560.

- 11) 忠隈 享(1969)日本人成人顎骨歯槽部の解剖学的研究. 歯科学報 71, 1712-1775.
- 12) Preiskel HW (1996) Overdentures made easy: a guide to implant and root supported prostheses.  
1st ed, Quintessence, London, 45-66.
- 13) 宮下恒太(1970)顎粘膜の局所被圧変位度と咬合力による義歯の沈下度に関する研究. 歯科学報 70, 38-68.
- 14) 後藤建機(1971)歯牙の生理的動揺に関する実験的研究. 歯科学報 71, 1415-1444.
- 15) 岸 正孝(1972)歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての  
実験的研究. 歯科学報 72, 1043-1071.
- 16) 横尾定美(1952)人の四肢骨の緻密骨および骨幹の圧縮試験. 京府医大誌 51, 291-313.
- 17) Stanford JW, Weigel KV, Paffenbarger GC, Sweeney WT (1960) Compressive properties of hard  
tooth tissues and some restorative materials. J Am Dent Assoc 60, 746-756.
- 18) 池田弘一, 中沢 勇, 松田浩一, 浜中人士(1974)クラスプ用金属材料の機械的性質に関する  
研究 第1報 鋳造クラスプ用市販合金の弾性的性質について. 口腔病会誌 41, 233-246.
- 19) 丹根一夫, 作田 守(1979)歯および歯周組織に生ずる応力の力学的解析—数値解析法として  
の有限要素法の利用について—. 日矯歯誌 38, 372-382.
- 20) 新倉久市(1981)総義歯の応力解析に関する研究 第1報 構成材料の力学的特性, とくにヤン  
グ率, ポアソン比について. 補綴誌 25, 24-43.
- 21) Koriath TW, Hannam AG(1994) Deformation of the human mandible during simulated tooth  
clenching. J Dent Res 73, 56-66.

- 22) Warren AB, Caputo AA(1975) Load transfer to alveolar bone as influenced by abutment designs for tooth-supported dentures. J Prosthet Dent 33, 137-148.
- 23) 藤田和巳, 小林義典(1984) Overdenture の安定性に関する基礎的および臨床的研究—支台歯の部位および Coping の形態の影響—. 歯学 72, 113-143.
- 24) 上田芳男, 濱崎真一, 川畑直嗣, 長岡英一(1987) オーバーデンチャーの支台歯の負担性に対するコーピングの影響. 補綴誌 31, 971-979.
- 25) 木村茂之, 加藤将人(1996) オーバーデンチャーに設計した支台装置の差が義歯の動態ならびに支台歯の変位量におよぼす影響. 神奈川歯学 30, 355-368.
- 26) 宮下有恒, 嶋村一郎, 岸 正孝(1998) Anchored overlay denture における支台装置の配置条件が義歯の変位に及ぼす影響に関する実験的研究. 歯科学報 98, 1189-1219.
- 27) 村上 学(2003) 三次元有限要素法による局部床義歯の力学的解析—下顎両側遊離端欠損における欠損様式の影響—. 日大歯学 77, 201-214.
- 28) 吉岡眞弘(1981) 局所機能圧・負担圧に関する基礎的研究 IV-1 下顎総義歯の中心咬合位について. 補綴誌 39, 475-482.
- 29) 八川昌人(1990) 部分床義歯における維持歯の負荷に関する研究. 補綴誌 34, 427-437.

## 付図説明

第 1 表. 解析モデルの寸法

第 2 表. 解析モデルの材料特性値

第 3 表. 筋力の単位ベクトル

第 4 表. 筋力の大きさ

第 1 図. 根面板形態

第 2 図. 解析モデル

第 3 図. 解析モデルの拘束点

第 4 図. 下顎骨骨頂部の計測点

第 5 図. 支台歯の計測点

第 6 図. 義歯床下皮質骨の最小主応力値(臼歯部荷重)

第 7 図. 義歯床下皮質骨の最小主応力値(前歯部荷重)

第 8 図. 支台歯に加わる力(臼歯部荷重)

第 9 図. 支台歯に加わる力(前歯部荷重)



第1表 解析モデルの寸法

部位				
歯根膜	0.2			
歯槽床	2.0			
顎底粘膜	上面部	頰側部	舌側部	臼歯隆起部
	2.0	1.7	1.4	4.5
皮膚骨	顎底上縁部	頰側部	舌側部	下顎下縁部
中切歯相当部	2.0	2.3	1.7	2.8
側切歯相当部	2.0	2.3	1.7	3.0
犬歯部	2.0	2.3	1.7	3.6
第一小白歯相当部	2.0	2.9	1.9	3.2
第二小白歯相当部	2.0	2.1	2.2	3.2
第一大白歯相当部	2.0	2.1	2.6	3.1
第二大白歯相当部	2.0	2.0	2.8	2.9
臼歯隆起部	2.0	1.8	2.9	2.9
下顎体部	2.0	1.8	2.9	2.9

【単位:mm】 【文献②-①より引用】

第2表 解析モデルの材料特性値

構成成分	ヤング率(MPa)	ポアソン比
象牙質	$1.172 \times 10^4$	0.30
皮質骨	$1.041 \times 10^4$	0.30
海綿骨	$8.830 \times 10$	0.30
歯齦床	$1.960 \times 10^2$	0.30
根面軟	$1.108 \times 10^2$	0.30
顎底粘膜	$4.500 \times 10^{-2}$	0.49
歯根膜	$4.900 \times 10^{-2}$	0.49 (第一荷重時)
	$7.000 \times 10^{-1}$	0.49 (第二荷重時)

【文献[3-20]より引用】

第3表 筋力の単位ベクトル

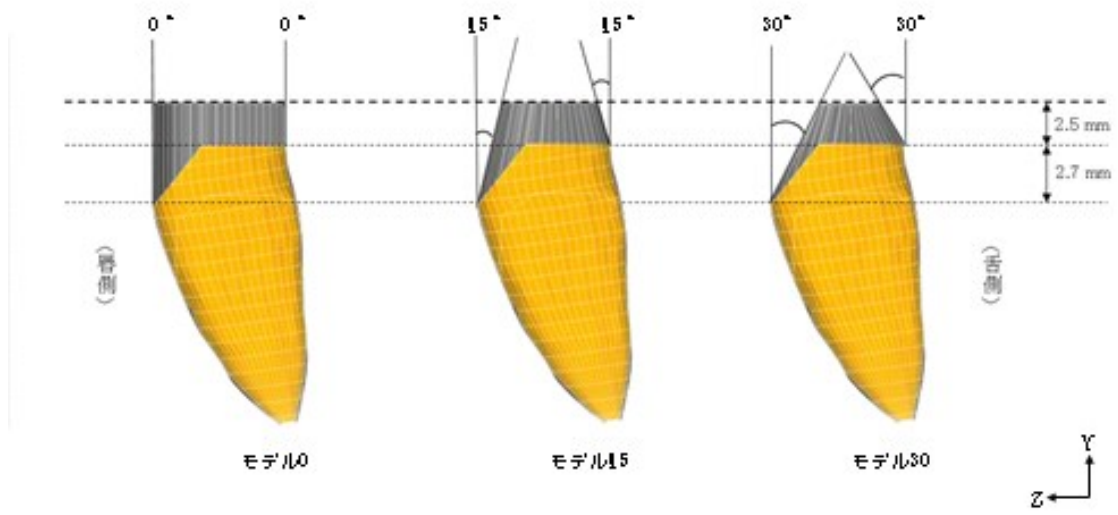
筋		右側			左側		
		cos-x	cos-y	cos-z	cos-x	cos-y	cos-z
咬筋	浅部	-0.207	0.884	0.419	0.207	0.884	0.419
	深部	-0.546	0.758	-0.358	0.546	0.758	-0.358
内側翼突筋		0.486	0.791	0.373	-0.486	0.791	0.373
側頭筋	前部	-0.149	0.988	0.044	0.149	0.988	0.044
	中部	-0.222	0.873	-0.500	0.222	0.837	-0.500
	後部	-0.208	0.417	-0.855	0.208	0.474	-0.855
外側翼突筋	下頭	0.63	-0.174	0.757	-0.63	-0.174	0.757
	上頭	0.761	0.074	0.645	-0.761	0.074	0.645
顎二腹筋	前腹	-0.244	-0.237	-0.94	0.244	-0.237	-0.94

【x-y平面は咬合平面と平行で、右方向に+x軸、上方に+y軸、前方に+z軸とする直交座標系】 【文獻21より引用】

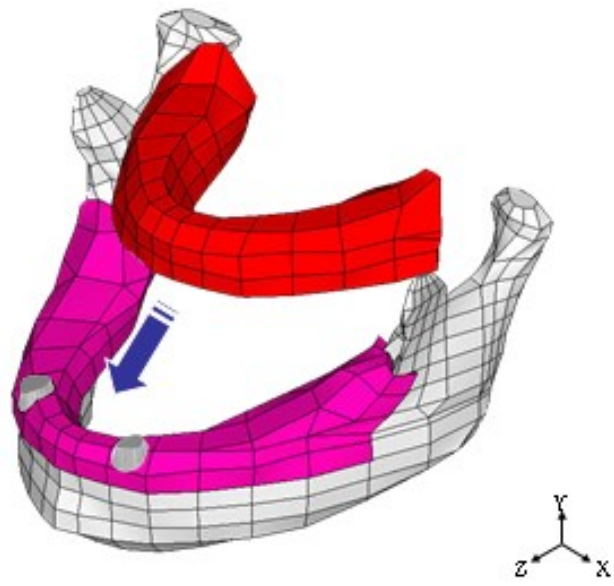
第4表 筋力の大きさ

筋		節点数	荷重量(臼歯部荷重) (N)	荷重量(前歯部荷重) (N)
咬筋	後部	15	190.4	76.2
	前部	7	81.6	21.2
内側翼突筋		16	132.8	136.3
側頭筋	前部	19	154.8	12.6
	中部	14	91.8	5.7
	後部	19	72.6	3.0
外側翼突筋	下顎	3	18.1	47.5
	上顎	3	16.9	14.4
頸二腹筋	前様	1	11.2	20.0

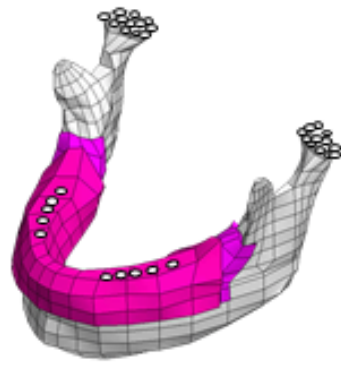
【本表21より引用】



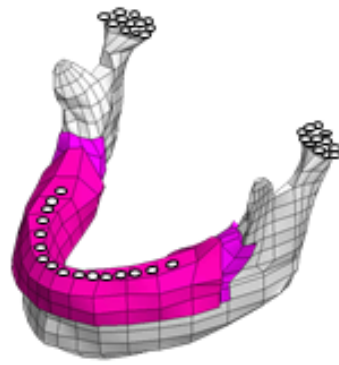
第1図 根面板形態



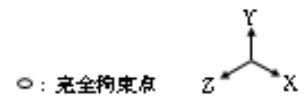
第2図 解析モデル



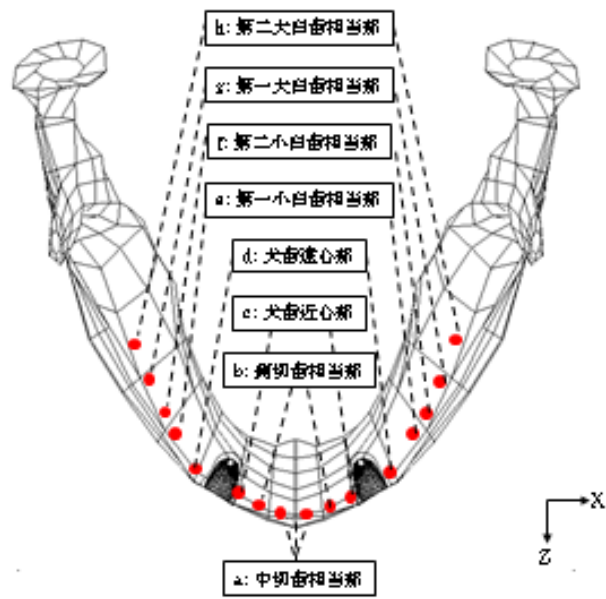
臼歯部荷重



前歯部荷重

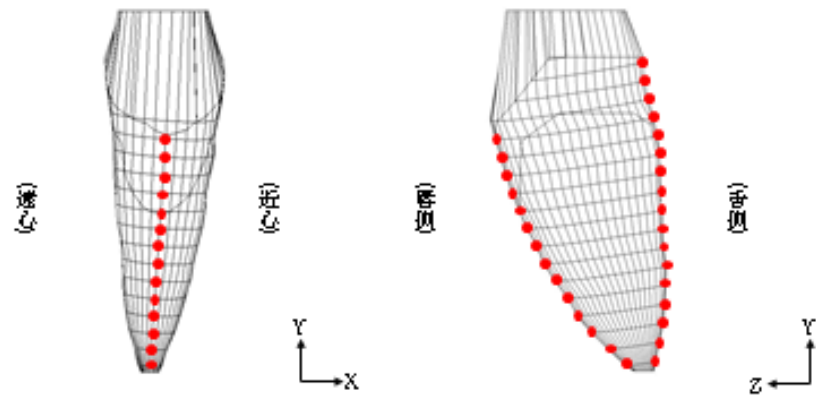


第3図 解析モデルの拘束点

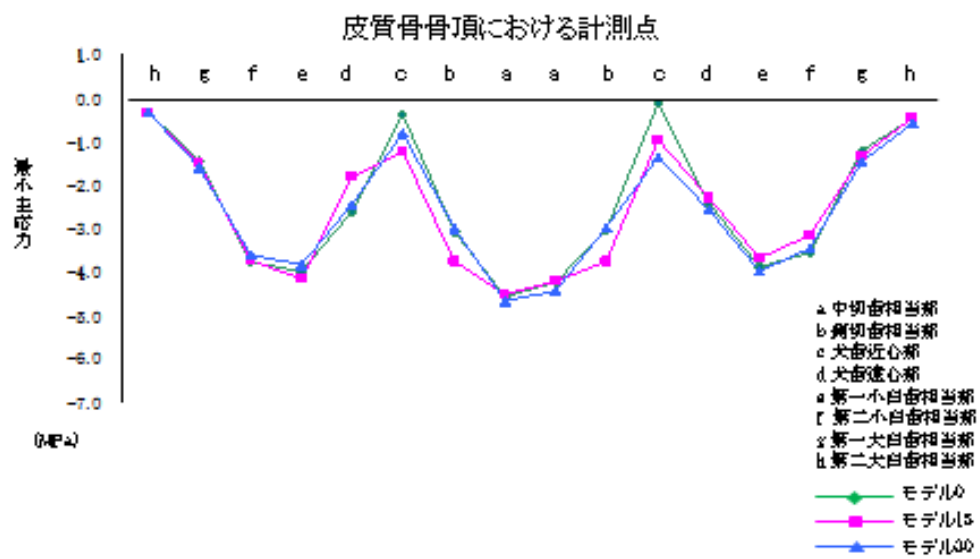


第4図 下顎骨骨頂部の計測点

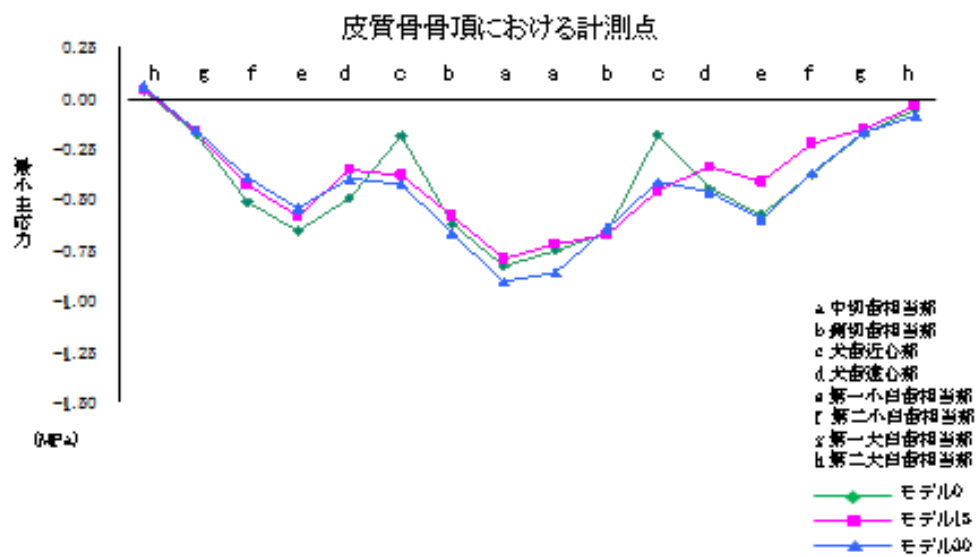




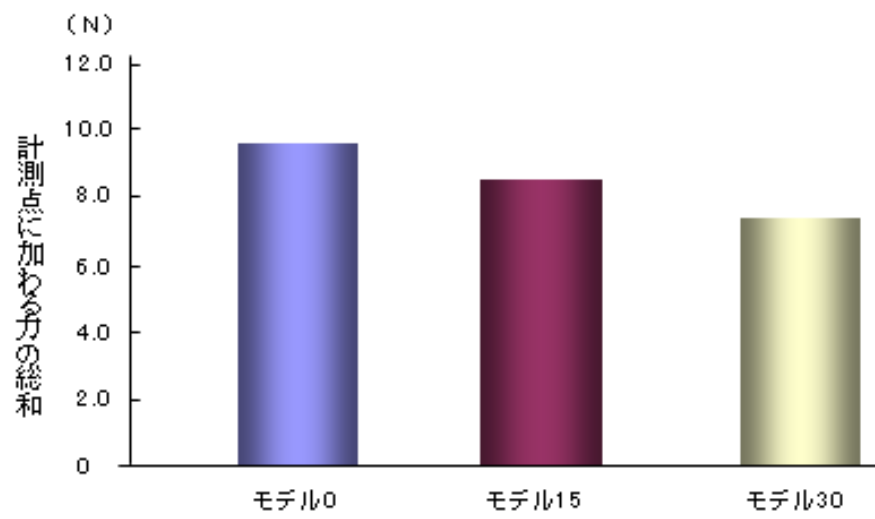
第5図 支台歯の計測点



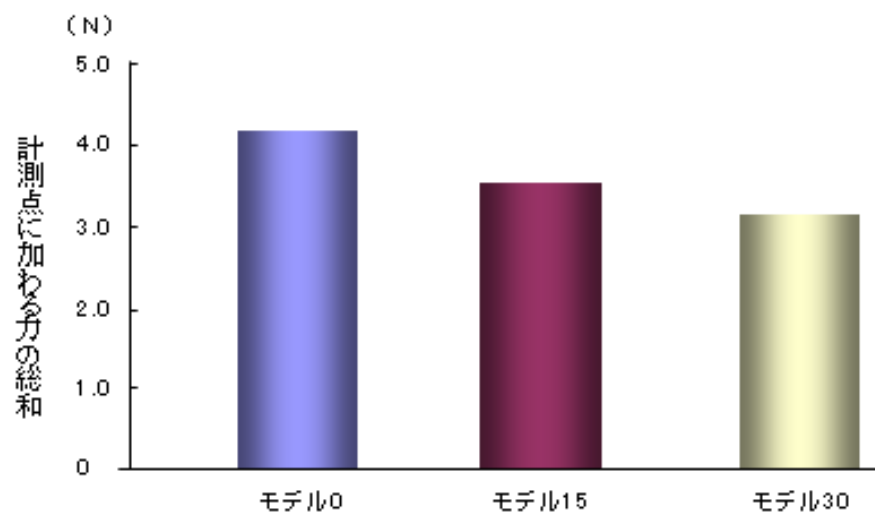
第6図 義歯床下皮質骨の最小主応力値(臼歯部荷重)



第7図 義歯床下皮質骨の最小主応力値(前歯部荷重)



第8図 支台歯に加わる力(臼歯部荷重)



第9図 支台歯に加わる力(前歯部荷重)