

学 位 論 文 題 名

部分床義歯支台歯としての上顎犬歯の必要条件

－ 歯根膜を直交異方性とした有限要素解析 －

学位論文内容の要旨

緒言

部分床義歯の予後調査によると、トラブル発生率は臼歯部の咬合支持を喪失し前歯部の咬合接触のみ残存する Eichner B4 症例で最も高く、または発生部位では支台歯部に多いと報告されている。

上顎前歯は下顎前歯により咬合力が歯軸方向からずれて唇側方向に作用する。上顎臼歯欠損の Eichner B4 症例の場合、前歯は支台歯としても咬合力を負担しなければならず、負担過重により歯を喪失するリスクは増大する。そのためこのような症例では、上顎前歯の保護は特に重要な課題であり、力学的負担について十分に検討する必要があると考えられる。

これまで部分床義歯の研究は数多く行われているが下顎の遊離端義歯、特に小白歯を支台歯とする研究が大半である。上顎犬歯は下顎小白歯に次いで支台歯としての利用頻度が高いという報告があるが、上顎に関する研究や犬歯をはじめ前歯を支台歯とする部分床義歯の研究は極めて少ない。

本研究では上顎犬歯を直接支台歯とする部分床義歯の三次元有限要素解析を行い、1) 上顎犬歯を単独で支台歯とした場合について、支台歯の植立状態と咬合力の大きさが支台歯の変位に与える影響、2) 単独支台歯では負担過重となった条件の下で支台歯を一次固定する範囲を変化させその効果について検討し、上顎犬歯の支台歯としての必要条件について考察した。

研究内容・結果

第 1 部：植立状態と咬合力の大きさの影響（犬歯単独支台歯の場合）

(1) 方法

上顎犬歯と周囲の歯根膜、支持歯槽骨、顎堤粘膜および義歯からなる有限要素モデルを構築した。義歯は Co-Cr 製金属床義歯とし、両側犬歯にシングラムレスト、維持腕、遠心プロキシマルプレートからなる支台装置を設定した。

支台歯は、歯軸の傾斜について解剖学的平均値のもの(N)とこれより 10° 近心唇側傾斜したもの(I)、支持歯槽骨量について正常なもの(0)と水平的に歯槽骨レベルが 3 mm

低下したもの(3)を組み合わせることで4種類のモデルを作成した。

荷重条件は荷重部位を左側第一大臼歯近心辺縁隆線部に設定し、荷重方向は咬合面に垂直(load V)、頬側方向へ45° (load B)、および舌側方向へ45° (load L)の3種類とし、荷重量は50 Nと200 Nの2種類とした。

歯根膜の材料特性は、より生体との等価性の高いモデルを構築するために予備実験を行い決定した。予備実験では上顎中切歯単独モデルを用い、歯根膜は水平線維と斜走線維をモデル化し、歯軸に対する線維の走行角度および横断面での線維の走行の規則性の程度を考慮した直交異方性材料とした。これにより、垂直荷重時の垂直変位量、水平荷重時の水平変位量および同荷重時の回転中心の位置の3つすべてを実測値に近似させることができた。

歯根膜の荷重—変位曲線は、非線形形で2相性を示すため材料定数は荷重量に応じて個別に決定した。歯根膜以外の材料は等方性材料とし、材料定数は過去の報告に基づき決定した。

解析には、日本MSCソフトウェア社製MSC.Marc 7.3を用い、支台歯と支台装置間、および粘膜と義歯床間の接触滑走を考慮した。

左側犬歯尖頭の動きを歯軸方向および歯軸と直角方向の変位に変換したうえで、犬歯の疼痛閾値と比較した。なお、犬歯の疼痛閾値は上顎中切歯の疼痛閾値、上顎中切歯・犬歯の歯根膜面積比および犬歯単独モデルでの1 kgf (9.8 N)水平荷重時における水平変位量から算出した。

(2) 結果と考察

50 N 荷重時、水平変位量は支持歯槽骨量が正常な N-0 および I-0 では荷重方向にかかわらず疼痛閾値の約 1/2 であった。支持歯槽骨量が減少した N-3 および I-3 では load B のときに疼痛閾値を超えており、支台歯への負担が大きいと推測された。

垂直変位量はいずれの条件においても沈下方向に変位し、変位量は 32-71 μm であった。

以上から、支持歯槽骨量が正常な場合は 10° の歯軸の傾斜の差にかかわらず犬歯単独で支台歯として使用できる可能性が高いが、支持歯槽骨量の減少がみられる場合は犬歯単独での使用は危険であると考えられた。

200N 荷重時、水平変位量は load V での N-0 と I-0 を除き、疼痛閾値に近似またはそれ以上を示したが、垂直変位量は 35-87 μm であった。

これより、咬合力が大きい場合は、犬歯単独支台歯では負担過重になると考えられた。

(3) 結論

- ・支台歯の負担は、歯軸の傾斜よりも支持歯槽骨量に大きく影響される。
- ・咬合力が比較的小さく、支台歯の支持歯槽骨量が正常な場合、上顎犬歯を単独で支台歯として使用できる可能性がある。
- ・咬合力が比較的大きい場合や支台歯の支持歯槽骨量が減少している場合に単独で支台歯とすることは負担過重になる可能性が高くなる。

第2部：一次固定の範囲と効果

(1) 方法

犬歯のみの単独支台歯では変位の大きかった 50 N 荷重時の N-3、200N 荷重時の N-0 および N-3 について支台歯を一次固定する範囲と効果について検討した。

有限要素モデルは第 1 部のモデルに側切歯と中切歯を追加して、一次固定の範囲を側切歯との 2 歯連結、側切歯・中切歯との 3 歯連結、犬歯から犬歯の 6 歯連結の 3 種類とした。荷重条件、材料定数および解析条件は第 1 部に準じた。

(2) 結果と考察

50 N 荷重時の N-3、200 N 荷重時の N-0 では一次固定した場合の水平および垂直変位量は、犬歯単独より明らかに小さくなり、かつ、水平変位量は疼痛閾値の 1/2 以下になった。また、2 歯連結と 3 歯連結では変位量に大きな差はなかったが、6 前歯連結ではさらに小さくなった。

200N 荷重時の支持歯槽骨量が減少した N-3 における水平変位量も、一次固定したものは犬歯単独より明らかに小さくなったが、2 歯連結と 3 歯連結での load B と load L では疼痛閾値付近にあり、負担過重を防止するには 6 前歯を連結することが必要と考えられた。

(3) 結論

- ・支持歯槽骨量が減少している場合や、咬合力が大きい場合は少なくとも 2 歯以上連結する必要がある。
- ・また、さらに条件の悪い場合は 6 前歯すべてを連結する必要がある。

まとめ

上顎犬歯を支台歯とする両側性遊離端義歯に関する本研究から以下のことが示唆された。

- ・支台歯の変位は、歯軸の傾斜よりも支持歯槽骨量により影響を受ける。
- ・上顎両側性遊離端義歯支台歯としての犬歯の補綴学的必要条件は、咬合力が比較的小さい場合、支台歯の支持歯槽骨量が正常なときは、犬歯を単独で支台歯にできる可能性がある。しかし、支持歯槽骨量が減少しているときは少なくとも 2 歯以上連結する必要がある。一方、咬合力が比較的大きい場合は、支持歯槽骨量が正常なときでも少なくとも 2 歯以上、支持歯槽骨量が減少しているときは 6 前歯すべてを連結する必要がある。

注) 第 2 部の論文本文では支台歯の条件に略号を用いていないが、本要旨では内容統一のため N-0、N-3 の略号を用いて記述した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 横 山 敦 郎

副 査 教 授 亘 理 文 夫

副 査 教 授 大 畑 昇

学 位 論 文 題 名

部分床義歯支台歯としての上顎犬歯の必要条件

－ 歯根膜を直交異方性とした有限要素解析 －

審査は、主査、副査が一堂に会し、まず論文提出者に対して提出論文の内容の要旨を説明させ、次いで論文の内容について審査委員の口頭試問を行った。以下に提出論文の要旨と審査の内容を述べる。

論文要旨

上顎犬歯を直接支台歯とする部分床義歯について三次元有限要素 (FE) 解析を行い、支台歯の植立状態や咬合力の大きさが支台歯の変位に与える影響を検討するとともに、補綴的対処法である一次固定の効果について検討した。

上顎中切歯、歯根膜および支持歯槽骨からなる FE モデルにより、歯根膜の材料特性を従来の等方性とした場合と線維の走行を考慮した直交異方性とした場合について歯の変位挙動を比較検討した。次に、上顎前歯、歯根膜、支持歯槽骨、顎堤粘膜および Co-Cr 製金属床義歯からなる FE モデルを構築した。支台装置としては、両側犬歯に基底結節レスト、維持腕および遠心隣接面板を設定した。解析では支台歯と支台装置、および粘膜と義歯床の接触滑走を考慮した。支台歯の植立条件は、歯軸の傾斜について解剖学的平均値とこれより 10° 近心唇側傾斜したもの、支持歯槽骨量について骨吸収なしと 3 mm 骨吸収したものをそれぞれ組み合わせて 4 種類のモデルを作成した。荷重点は左側第一大臼歯近心辺縁隆線部に設定し、荷重方向は咬合面に垂直、頬側方向へ 45° 、舌側方向へ 45° の 3 種類、荷重量は 50N と 200N の 2 種類とした。単独支台歯とした際の犬歯の変位量から支台歯の負担を検討した後、負担の大きいと考えられた条件について、一次固定の効果を検討した。一次固定の範囲は 2 歯連結、3 歯連結、6 歯連結の 3 種類とした。

歯根膜への直交異方性の適用は歯の変位挙動の再現に優れており、以後の解析に応用した。犬歯単独支台歯の場合、支台歯の変位は歯軸の傾斜に比較し支持歯槽骨量に大きく影響された。骨吸収モデルでは 50N の頬側方向荷重および 200N の全ての荷重方向において、水平変位量が生理的範囲を大きく超え、負担過重を生じる可能性が示唆され

た。一次固定により変位の抑制を図った場合、50N 荷重では 2 歯連結により十分と考えられたが、200 N 荷重では 6 前歯を連結する必要があった。以上より、種々の条件が良好な場合は単独で支台歯とすることが可能であるが、咬合力の条件や支台歯の植立状態によっては、支台歯の負担を軽減するために少なくとも 2 歯以上の連結、さらなる軽減には 6 前歯すべてを連結する必要性が示唆された。

審査の内容

1. 歯根膜を等方性材料とした場合の支台歯の連結効果について

歯根膜の材料定数を歯の水平変位量に基づいて設定した場合には、水平変位量の相対的な評価は可能である。しかし、回転中心が実測値と異なっているため、歯の変位挙動を正しく評価することはできないものと思われる。

2. 歯軸傾斜が支台歯の変位に与える影響について

本研究での設定(約 10°)は、日本人の上顎前歯歯軸傾斜角の標準偏差内であったため影響が小さかったと思われる。今後、上顎前歯歯軸傾斜の限界については更なる検討が必要と思われる。

3. 支台歯の連結範囲について

連結により支台歯の水平変位量は単独支台歯に比較し小さくなり、その効果は 6 歯連結のときに最も大きかった。支台歯の配置が直線的であると、回転軸を生じるが、クロスアーチの設計では支台歯の配置が多角形となるため、支台歯の動揺を近遠心的、頬舌的に抑制することができるためと考えられる。

4. 支台歯の支持歯槽骨の条件がさらに厳しい場合の臨床的対処法について

支持歯槽骨吸収モデルの歯冠歯根比は支台歯としての限界とされる 1:1 である。支持歯槽骨の吸収が大きい場合は、オーバーデンチャーにすることも考慮する必要があると考えられる。

5. 研究における三次元有限要素解析の特色、苦慮した点について

義歯の全構成要素、歯および粘膜を含む三次元有限要素モデルであり、歯根膜は線維の走行を考慮した直交異方性材料としている。また、支台歯と支台装置間、粘膜と義歯間の複数の接触解析を同時に取り入れている。

モデルの構築や接触条件の設定には多大な時間を要した。

本研究は、上顎両側性遊離端義歯において、種々の条件が良好な場合は犬歯を単独で支台歯とすることが可能であるが、咬合力の条件や支台歯の植立状態によっては、支台歯の負担を軽減するために少なくとも 2 歯以上の連結、さらなる軽減には 6 前歯すべてを連結する必要性が示唆された。これは、このような症例の補綴治療にあたっての evidence の一つとなり、診査・診断や設計、予後の判定の一助となると考えられる。

今後さらなる研究を進めることで臨床に反映しうると考えられ、将来性の点においても高く評価されるものであった。よって学位申請者は博士（歯学）の学位授与に値するものと判定した。