

学位論文内容の要旨

愛知学院大学

論文提出者

稲垣輝行

論文題目

三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント
義歯に関する応力解析

I. 緒 言

磁性アタッチメントは、部分床義歯の支台装置として、およそ 200 年間もの間頻用されてきたクラスプに比べ、審美性に優れ、また支台歯に優しい支台装置であり、現在にいたるまで良好な臨床成績が報告されている。歯冠外磁性アタッチメントは、磁性アタッチメントの最後のバリアーであった有髄歯への適応を可能とし多くの臨床実績を挙げて来た。しかし、歯冠外磁性アタッチメントは、その基本形態がカンチレバー構造であるため、義歯を安全かつ有効に機能させるためには、咬合力が義歯に加えられた際、義歯床下粘膜や支台歯およびその周囲組織に如何なる影響をもたらすのかを把握する必要がある。特に片側遊離端欠損症例に対して義歯を設計する際、大連結子に対する異物感への患者からの強い嫌悪のため、やむを得ず片側処理として義歯を設計する 경우가少なくない。当講座では、これらに対して、歯冠外磁性アタッチメントを用いた義歯設計については、義歯にブレーシングアーム、インターロックを併用し、さらに複数の支台歯を連結することにより応力の分散を図っている。しかしながら、これらの義歯設計の理念は、現時点でも歯科医師や歯科技工士の臨床経験に基づいているのが実情であり、未だこの種の設計に対する確固とした力学的効果およびそれらの生体への影響は報告されていない。

本研究はその様な現状に鑑み、三次元有限要素法を用いて、片側遊離端欠損症例における、歯冠外磁性アタッチメントを用いた 4 種の義歯設計に

に関して、設計の違いによる力学的影響および歯冠外磁性アタッチメントと併用されるブレーシングアームの力学的効果を詳細に検討したものである。

II. 研究方法

1. 有限要素モデルの構築

硬組織、軟組織が混在する口腔内を対象とした有限要素法解析を行う際、その基盤となる解析モデルの精度が、解析結果に大きく影響を与える非常に重要な因子であることは周知の事実である。本研究に用いた有限要素法モデル構築法は、可及的に口腔内の形状を忠実に再現するため、実在する患者の CT データ及び研究用模型を利用してモデル構築する手法を採った。

(愛知学院大学歯学部倫理委員会、承認番号 No. 259)。

2. 有限要素法解析

1) 解析対象

解析対象は、下顎左側第一、第二大臼歯欠損症例に対して、歯冠外磁性アタッチメントを用いた片側処理の 3 種の異なる設計の義歯と、大連結子にて反対側に間接支台装置を設置した、旧来型の設計義歯の計 4 種とした。片側処理の義歯は、支台歯にブレーシングアームおよびインターロックを併用したモデル (B-A モデル)、B-A モデルからブレーシングアーム、インターロックを除去したモデル (B-A less モデル)、B-A Less モデルに近心レストを付与したモデル (レストモデル) とした。反対側に間接支台装置を設置した義歯としては、B-A less モデルにリングバーを加え、下顎右

側第二小臼歯および第一大臼歯に双子鉤を設置した、リングルバーモデル (L-Bモデル) とした。

2) 荷重条件

荷重条件としては、義歯人工歯咬合面相当部に総荷重量 10N の面圧荷重を咬合平面に対して垂直方向に付与した垂直荷重、咬合平面に対して垂直方向から 30 度頬側方向に傾斜させた頬側荷重、咬合平面に対して垂直方向から 30 度舌側方向に傾斜させた舌側荷重の 3 種類とした。

III. 結 果

1. 義歯変位量

義歯垂直変位量の測定点は義歯床後縁部とした。全ての方向荷重において、最も少ない義歯垂直変位量を示したモデルは L-B モデルであり、最も多くの義歯垂直変位量を示したモデルは B-A less モデルであった。B-A モデルとレストモデルに関しては、頬側および舌側荷重では、レストモデルの方が少ない変位量を示した。

義歯側方変位量の測定点は垂直変位と同一部位とし、頬側荷重および舌側荷重についてのみ評価を行った。頬側および舌側荷重において、最も少ない義歯側方変位量を示したモデルは L-B モデルであった。片側処理の 3 モデルに関しては、舌側荷重において、最も少ない側方変位量を示したモデルは B-A モデルであった。

2. 応力分布

1) 支台歯

応力集中が観察された部位は、第二小臼歯、第一小臼歯、犬歯それぞれの遠心歯頸部であった。いずれの方向からの荷重においても、支台歯全てで最も小さな応力が観察されたモデルはL-Bモデルであり、最も応力の集中が観察されたモデルはB-A lessモデルであった。B-Aモデルとレストモデルに関しては、同程度の応力分布が観察された。

2) 支台歯周囲歯槽骨

応力集中が観察された部位は、支台歯歯槽窩周囲および頬側歯槽骨部であった。いずれの方向荷重においても、最も小さな応力が観察されたモデルは両側に維持を求めたL-Bモデルであり、片側処理の3モデルと比較して明確な応力緩和が観察された。

3) 歯冠外磁性アタッチメント

歯冠外磁性アタッチメントに応力集中が観察された部位は、アタッチメントネック部およびアタッチメント結合部上方であった。いずれの方向荷重においても、最も応力の緩和が観察されたモデルはL-Bモデルであり、最も応力の集中が観察されたモデルはB-A lessモデルであった。B-Aモデルとレストモデルに関しては、垂直方向および舌側方向荷重時には、B-Aモデルの方に若干の応力緩和が観察された。

IV. 考 察

1. 有限要素法解析について

有限要素法は、コンピューター上でのモデル編集が可能のため、本研究の如く、同一モデル上で異なる設計の義歯モデルを構築することも容易であり、複数モデルに対する確実な同一条件下での解析が可能であることが特長である。そのため、部分床義歯の力学的検討を行うにあたり、有限要素法は極めて妥当な手法と考えられる。

2. 解析モデルについて

本研究に用いたモデル構築法は、患者 CT データを用いて下顎骨モデルの構築を行い、さらに、研究用模型から補綴装置を模したスキャン用試料を作製し、可及的に臨床に即した形態の義歯モデルの構築を行ったため、本研究に用いた解析モデルは、形態的には臨床状況を忠実に再現した、極めて優れたモデルであると考えられる。

3. 解析方法について

1) 解析項目について

解析項目については、ブレーシングアームと歯冠外磁性アタッチメントとの併用効果を検討する上で、ブレーシングアームの有無による検討が必要である。そのため、基本となる B-A モデルと、そのモデルからブレーシングアームのみを除去した B-A less モデルを作製した。レストモデルは、ブレーシングアームやインターロックと比べ技工操作が極めて簡便な設計であるため、そのレストの歯冠外磁性アタッチメントとの併用効果を検討し、ブレーシングアームやインターロックの代替となる可能性を検討した。L-B

モデルは、反対側に間接支台装置を設置し、維持を求めた設計であり、片側処理モデルそのものとの比較対象とした。

2) 荷重条件について

口腔内における義歯の挙動については、食片を介在させた咀嚼時に大きく変位すると考えられる。そのため、義歯咬合面における様々な方向からの力に対し、義歯がどのように変位するかを検証する必要がある。本研究では、義歯咬合面相当部において、咬合平面に対して垂直方向、頬側方向、舌側方向の3方向からの荷重を付与し、義歯の変位を総合的に評価した。

4. 解析結果について

1) 義歯変位量について

垂直変位量、側方変位量ともに最も変位量が少なかったモデルはL-Bモデルであり、最も変位量が多かったモデルはB-A lessモデルであった。このことは反対側にまで及ぶ義歯であるL-Bモデルは、義歯部に付与された荷重を反対側にも効果的に分散した結果と考えられる。また、片側処理のB-A lessモデルは、歯冠外磁性アタッチメントのスリット部のみが義歯に加えられた荷重に抵抗するため、義歯部が歯冠外磁性アタッチメント部を中心に回転運動を発生した結果と考えられる。また、B-Aモデルとレストモデルの義歯変位量に関しては、舌側荷重においてB-Aモデルはレストモデルと比べて垂直変位量は多いが、側方変位量は少ないことを示している。これは、ブレーシングアームの形態および、鉤歯との良好な適合性に基づ

いた把持効果であると考えられる。

2) 応力分布について

L-Bモデルは、支台歯、支台歯周囲歯槽骨、歯冠外磁性アタッチメントのいずれの部位に関しても、他の3モデルと比べて応力集中の小さい設計であることが確認された。これは、義歯に加えられた荷重を可及的に広範囲に分散させるという、義歯設計の基本に合致する合理的な結果であるものと考えられる。また、歯冠外磁性アタッチメントにブレーシングアーム、インターロックあるいは、レストを併用することにより、歯冠外磁性アタッチメントに発生する応力を効果的に分散できることが示された。

V. 結 論

本研究では、三次元有限要素法を用いて、片側遊離端欠損症例において、歯冠外磁性アタッチメントを用いた各種義歯設計がもたらす力学的影響、および歯冠外磁性アタッチメントと併用されるブレーシングアーム、インターロックの力学的効果を詳細に比較、検討し、以下の結論を得た。

1. 反対側に間接支台装置を設置した義歯設計であるL-Bモデルは、検討したモデルの中で最も義歯変位量が少なく、また支台歯、支台歯周囲歯槽骨、歯冠外磁性アタッチメントのいずれの部位に発生する応力に関しても、明確に緩和させる設計であることが確認された。

2. 歯冠外型磁性アタッチメントと併用して用いられるブレーシングアームおよびレストの併用効果は、義歯の支持力・把持力を増加させ、義歯

部に負荷した荷重に対して、義歯変位量を抑制するだけでなく、支台歯、歯冠外磁性アタッチメント、支台歯周囲歯槽骨に発生する応力を緩和させるものであった。

3. 片側処理の義歯設計を行う際、歯冠外磁性アタッチメントと併用した近心レストが、ブレーシングアームおよびインターロックの代替となる可能性が力学的に示唆された。