

論文審査の要旨および担当者

愛知学院大学

報告番号	① 乙 第 号	論文提出者名	林 建佑
論文審査 委員氏名	主査 副査	田中 貴信 服部 正巳 千田 彰 河合 達志	
論文題名	三次元有限要素法による口腔内の 力学解析への口蓋粘膜の粘弾性特性の導入		

インターネットの利用による公表用

全部床義歯は、全ての天然歯を喪失したことに因り、粘膜を介した顎骨のみで、その維持安定を図り、かつ咬合力を支えざるを得ない、究極の補綴装置である。そのため、全部床義歯の製作にあたっては、義歯と接触している口腔粘膜の性状および力学的動態を的確に把握することは、極めて重要な事項である。また、粘膜における各部位の厚さによっても挙動が複雑に変動するため、粘弾性を有する粘膜を対象とした三次元有限要素解析も極めて困難なものとされて来た。

本研究は、多様な口蓋粘膜の厚さに応じて、粘弾性特性を三次元有限要素法に導入することで、全部床義歯の動態を、より忠実に再現する手法を確立したものである。

今回のモデル対象は上顎無歯顎模型および模擬的に作製した全部床義歯とした。その顎模型および全部床義歯の外形を3Dレーザースキャナーにてデータ化を行い、形状データを出力した。作成した形状データを、プリ・ポストソフトウェアにインポートし、三次元有限要素モデルの構築を行っている。構築したモデルの上顎粘膜の厚さについては、口蓋中央部 1.5mm、顎堤部 2.0 mm、口蓋側方部 2.5 mm として構築した。粘膜下の皮質骨、海綿骨については、便宜的に解析結果の影響を受けない厚さに設定した。上顎粘膜、皮質骨、海綿骨を合わせたモデルを上顎モデルとした。また、全部床義歯モデルに関しても、上顎モデルと同様に構築を行っている。

まず、上顎モデルを予備解析モデルとして予備解析を行い、粘弾性特性

の導入を行っている。粘膜の粘弾性挙動に関しては、既に報告されている生体実測値を参考とし、解析に反映させる目標値としている。粘弾性特性の影響を受けない荷重時瞬間弾性変位量について、ヤング率を算出し、その後の変位量について、クリープ係数（変位係数、応力依存係数、時間依存係数）を算出し、目標値に近似した、それぞれの材料定数を決定する方法を採択したものである。また、上顎粘膜の部位を大きく分けて、口蓋中央部、顎堤部、口蓋側方部とした。連続荷重条件下において、ヤング率およびクリープ係数を算出し、その材料定義が他の繰返し荷重条件下でも妥当性を検証し、確認を行っている。

本解析では、上顎モデルに全部床義歯モデルを加え解析モデルとした。上顎粘膜の材料定義を、単一の材料定数にて定義したもの（単一材料定義）、および複数の材料定数にて定義したもの（複数材料定義）を経時的に比較・検討したものである。単一材料定義および複数材料定義に基づくいずれの解析においても、前方顎堤頂部に高い応力集中が観察された。荷重直後に急速な内部応力の蓄積を示し、その後、緩やかな内部応力の増大を示す状態が観察された。また、除荷重時にも同様に、除荷重直後に急速な内部応力の解放を示し、その後、緩やかな内部応力の減少が示された。上顎義歯床下粘膜の正中部付近において、単一材料定義では複数材料定義のものより変位量が大きい結果となり、その変位量の差は最大で $200\ \mu\text{m}$ ほどであった。

有限要素法において合理的な解析を行うためには、まず対象物である各構成要素の形状、次に各構成要素に対する物理的諸特性である材料定義、最後に生体に近似した荷重条件・拘束条件などの境界条件の、3つの要件が全て適切に設定されなければならない。そのため、過去の生体計測などの研究結果を包括的に反映させた今回の有限要素法は、複雑な形状の口腔内のシミュレーションに関して、極めて有用な方法であると判断される。

解析モデルについては、表面形状に関して高精度である光学印象画像に基づくモデル構築方法を採択したため、可及的に粘膜の表面形状の再現性が高いモデルである。また、粘弾性特性の導入に関しては、臨床的には重要な価値判断条件となるが、従来では不可能とされて来たが、生体機能に直結する義歯への繰返し荷重時の動態の解析に、新たな道を開く技法であると考えられる。

単一材料定義と複数材料定義の変位量の差が、 $200\mu\text{m}$ ほどであったが、これは顎堤粘膜の被圧変位量のレベルであり、生体において、また有限要素解析においても大きい影響である。以上のことから、材料定数の相違は、特に変位量においては解析結果に大きな影響するため、義歯床下粘膜の厚さや部位に基づいての適切な材料定数の設定が極めて重要であることを示唆している。

本件研究は、有限要素法を用いた応力解析を行う上で、従来までは再現が困難であった上顎粘膜の粘弾性挙動に対してクリープ係数を用いた材料

(論文審査の要旨)

No.4.....

(2000字以内のこと)

愛知学院大学

定義を適切に導入する手法を考案したものである。具体的な解析結果から見ても、臨床的な所見とも矛盾しないことから、本法の妥当性が明示されたものと判断できる。よって、この成果は、歯科補綴学、歯科理工学および関連諸学科に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（歯学）の学位授与に値するものと判定した。

平成27年 1 月28日