

論文審査の結果の要旨

氏名 深瀬 康公

本論文は6章からなる。

第1章は序論である。まず背景として、歯科医学では他の医学分野と比べ、材料、器機などの開発、発展が治療の質の向上に関わっている特徴を述べている。これらの背景を、関連の研究や技術革新を含め第1節で説明するとともに、第2節では、生体材料の評価について現在のニーズに照らし合わせ、従来の研究方法の不足点を明らかにするとともに、「生体材料あるいは周囲組織の臨床的評価を行うことのできるシステムの新たな提案と、これに基づく従来の知見に対するエビデンスの提示および個々の患者に最適なテーラーメイド医療を実現」を本論文の目的として掲げた。第3節は本研究の構成を記した。

第2章ではこれまでの著者の研究のうち、生体材料評価の具体例として表面粗さを取り挙げ、従来の評価法の問題点を明らかにしている。すなわち、歯科における表面粗さは「曲げ強さ、表面色、化学反応、腐食など多くの材料の性質に影響を与え、生体材料の表面粗さを評価することは、基礎的・臨床的にも意義がある。しかし、生体内での条件を再現した実験系の確立は困難である」ことを示した。以上から、従来の測定方法と現実の使用環境との相違および評価の問題点や限界を解決するには、「個々の生体の環境、条件を再現する方法」や「非破壊的・非侵襲的な測定方法」を用いた新たな評価方法を構築する必要があることが結論づけられている。

第3章では第1, 2章で示された問題、すなわち「従来の生体材料の評価法では実際の生体内の環境下での検討が困難であること」を解決するための新たな方法を提案している。

生体材料の生体内での挙動に対する臨床評価を行うに当たって、先ず非侵襲的・非破壊的であればならない。そのために、第1節では、エックス線CTデータの応用を、第2節では画像データを直接利用できる voxel 型有限要素解析を説明している。最後に、第3節では、これら2つの特徴を活用・融合した新たな非破壊的・非侵襲的システムを提案している。なお、提案システムは、現在のPCの性能によれば、実用上許容される程度の形状再現性と解析精度(有限要素法モデル分割数)を確保できることも併せて示している。

第4章では本システムを用いた生体材料の具体的評価として、骨補填材を対象とした2つの例を取りあげ検証している。

生体材料としては、著者が開発した骨補填材として、1)セメント状の骨補填材(α DTC)、および2)傾斜機能性骨補填用ブロック、の2種類を取りあげた。これら2種類の骨補填材を生体内に用いた場合の臨床的評価を、従来の方法であるエックス線単純撮影や病理標本観察に加え、本システムを用いた力学解析により行い、その有用性を検討している。検討の結果、骨補填セメントでは、抜歯などにおける新成骨生成の治癒過程をよく説明できること、傾斜材料では、有限要素解析結果の応力分布から材料設計の意図に沿った自己崩壊性が期待されること、が示された。なお後者については破壊試験の挙動と矛盾がないことも示された。

第5章では、臨床的評価が特に重要となる例としてインプラントを取りあげ、インプラントに関わる3症例について、本システムを用いた検討を行っている。インプラントの評価は、従来の外力を加える検査では、生体への侵襲およびインプラントの破壊を伴うことが危惧され実施困難であるため、本研究の方法が望まれるところである。

具体的症例として、1) 直接咬合力の負担能力を検査することの困難な自家歯移植術における移植歯の術後の検証、2) 新たな術式である All in Four の術前計画の検討と評価ならびに予後予測、3) インプラントの寸法と維持安定の関係の検討ならびに下歯槽神経傷害に関する評価、の3症例について検討を行った。

本システムを用いた有限要素解析の結果、移植歯における新生骨の荷重負担傾向が明らかとなった。また All in Four においてはインプラントの変位を減少させるメカニズムが解明された。さらに下歯槽神経傷害についてはインプラント根尖からの距離とそこに発現する応力集中の状況が明らかになった。以上のように本システムによって従来からの臨床的な知見に対するエビデンスを与えることができた。

第6章では、論文全体としての結論と今後の展望が示されている。

以上を要するに、本論文は、非侵襲的・非破壊的手法であるエックス線 CT 撮影データと voxel 型有限要素解析手法を融合することによって、従来の破壊的手段では不可能であった個々の生体内での生体材料およびその周囲組織の力学的挙動を評価・検討するテーラーメイド医療を可能とし、また臨床的に有用な知見を得たものであり、臨床医学、材料学、計算科学の発展に寄与するところが大きい。

従って、博士(科学)の学位を授与できると認める。