

論文の内容の要旨

氏名：小 林 寛

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Evaluation of simulated periodontal tissue using a non-contact electromagnetic vibration device with a laser displacement sensor
(レーザー変位計を応用した非接触型電磁式加振装置による模擬歯周組織の評価)

歯周組織の状態を正確に把握することは、歯周病や根尖性歯周炎の診査・診断、治療および術後管理を実施する上で重要となる。とくに歯の動揺度測定は重要な診査項目のひとつであり、歯周組織の状態把握の目的で、日常の歯科臨床で行われている。測定方法としては、手用器具を用いて評価する Miller の方法が従来から応用されてきたが、術者の視覚により動揺度を判定するため、主観的で個人差が生じやすい欠点を有している。一方、客観的な歯の動揺度測定法としては Periotest が知られている。この方法はロッドで歯を槌打し、歯とロッドとの接触時間を数値化する方法を採用しており、Miller の方法のように手指感覚を用いての測定法と比較して客観性を有している。しかしながら、歯周組織は弾性と粘性の両特性を有している粘弾性体と考えられることから、単純に接触時間の測定では歯の変位量を示すにとどまっており、歯周組織の詳細な状態を捉えることは困難である。

著者の所属する講座では、歯の動揺度測定から歯周組織の状態を把握することを目的に、共振周波数に加え、周波数応答特性から得られる弾性係数および粘性係数を含めた 3 種の力学的パラメーターを指標とした非接触型電磁式加振装置を試作した。本装置は電磁力により強制振動を歯に加え、歯、歯根膜および歯槽骨の関係を機械応答モデルとして捉え、振動により得られる応答波形から算出された上記の各力学的パラメーターを指標として用いている。そのため単に歯の動揺だけではなく、歯周組織の状態についてパラメーターを用いた客観的評価が可能である。これまで、模擬歯を植立した実験用模型（実験用植立模型）を用いて各種条件において検討を行っており、3 種の力学的パラメーターを解析することによって歯の動揺度以外にも、周囲歯周組織の状態把握にも応用できる可能性を報告してきた。しかしながら、本システムは歯の振動を計測するために加速度ピックアップを歯に装着する必要があり、模擬歯の質量の増加や加速度ピックアップのコードが振動に影響を及ぼすなど操作性や測定精度向上のための改良を必要としていた。

そこで著者は、非接触状態で対象物の変位を詳細に計測可能なレーザー変位計に着目し、本解析システムの振動計測に応用することを起案した。本実験では、非接触型電磁式加振装置に加速度ピックアップの代わりにレーザー変位計を使用し、実験用植立模型の模擬歯周組織の状態変化が各力学的パラメーターに及ぼす影響について検討した。

実験用植立模型は、模擬歯としてポリアセタール棒（直径 6.0 mm、長さ 25.0 mm）、模擬歯根膜として機能印象材（ティッシュコンディショナー II、松風）、模擬歯槽骨としてポリウレタンおよび発泡ポリウレタン（縦 30.0 mm、横 30.0 mm、高さ 50.0 mm、ニッシン）を用いた。模擬歯の植立条件は、模擬歯の埋入深さを 5.0、10.0 および 15.0 mm とし、模擬歯根膜の粉液比は粉 4.8 g に対して液 4.0 mL および 5.0 mL とし厚さは 0.5 mm に統一した。作製した実験用植立模型は Periotest を使用して Periotest 値を計測し、本実験模型が実際の臨床的な歯の動揺を模倣しているか確認した。

非接触型電磁式加振装置は、加振部、振動検出部および振動解析部の 3 要素で構成した。加振部は、正弦波の交番磁界を発生する電磁式加振器およびその電磁力を受けて模擬歯を振動させる円形フェライト磁石で構成した。加振器は、先端が円錐形のフェライト棒（直径 7.0 mm、長さ 60.0 mm）にエナメル被覆の銅線（直径 0.5 mm）をコイル状に 720 回巻きした。円形フェライト磁石は、模擬歯上端から 3.0 mm 下方の位置にシアノアクリレート系接着剤（アロンアルファ、東亜合成化学）で固定した。振動解析部の高速フーリエ変換器（DS-2100、小野測器）においては、各周波数での加振器に印加した信号と振動検出器の出力信号の振幅比である周波数応答特性を計測した。得られた周波数応答特性から共振周波数、弾性係数および粘性係数の各力学的パラメーターを算出した。

振動検出方法は従来からの加速度ピックアップ（NP-3211、小野測器）を模擬歯に接着させて測定

する方法 (Group 1)、加速度ピックアップを模擬歯に接着させてレーザー変位計 (キーエンス) で測定する方法 (Group 2) および加速度ピックアップを模擬歯に接着させず、レーザー変位計で測定する方法 (Group 3) の 3 条件とした。実験用植立模型は各条件を 5 個とし、中央値を各力学的パラメーターの測定値とした。

その結果、作製した実験用植立模型の Periotest 値を測定したところ、全ての実験条件で測定は可能であり、模擬歯の埋入深さが増加するにつれて有意に Periotest 値は小さくなったが、ポリウレタンと発泡ポリウレタンに有意差はなかった。このことより、本植立模型は臨床的な歯の動揺を模倣しているが、模擬歯槽骨の性状を Periotest 値として判別することは困難であると考えられた。非接触型電磁式加振装置による力学的パラメーターの測定では、模擬歯の埋入深さが増加するにしたがって全実験条件で有意に大きくなり、埋入深さの違いを識別可能であった。また、振動検出方法による力学的パラメーターの測定では、全ての実験条件で Group 1 と Group 2 に有意差は無く、非接触型電磁式加振装置にレーザー変位計を応用しても、従来から用いていた加速度ピックアップと同精度で測定できることを確認した。また、Group 3 の力学的パラメーターの測定値は Group 1 および 2 よりも大きかったが、これは加速度ピックアップを模擬歯に接着する必要がないため、総重量が増加しなかったためと推察された。さらに Group 3 では、ポリウレタンの測定値は発泡ポリウレタンより全実験条件で有意に大きく、模擬歯槽骨の性状の違いを識別することができた。

以上のことから、非接触型電磁式加振装置にレーザー変位計を応用することにより、模擬歯の埋入深さの変化および模擬歯槽骨の性状変化を模擬歯根膜の性状が変化しても力学的パラメーターの変動としての的確に捉えることが可能であった。さらに、加速度ピックアップを模擬歯に接着する必要がないため、正確な力学的パラメーターを得ることができるとともに、臨床応用に際しても操作性の向上に寄与するものと考えられた。