

論文の内容の要旨

氏名：橋 本 一 浩

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：模擬インプラント質量が試作非接触型電磁式加振装置の測定値に及ぼす影響

歯周組織の状態把握において、動揺度測定は重要な検査項目のひとつであり、歯の骨植ならびに歯槽骨の吸収状態を把握する目的で他の検査とともに実施される。また、歯科インプラント治療においても初期固定や経日的な骨植状態を把握するための重要な情報源となる。

歯科インプラント治療における骨植状態の客観的検査は、Periotest (Gulden) が導入されるまで、手指感覚を用いた Miller の方法あるいはエックス線写真によって判定されていた。Periotest は、インプラント体あるいは自然歯を槌打してその微細な移動を槌打時の接触時間から計測する方式を採用しており、Miller の方法と比較して測定値 (Periotest Value, PTV) に客観性を有している。しかし、加振法が槌打によるものであるため狭小な口腔内での操作性が制限され、部位によっては正確な測定値を得ることが困難となる場合がある。その後、1996年に共振周波数を指標としたインプラントの安定性を測定する Osstell system (Osstell AB) が紹介され、同領域で広く応用されている。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、共振周波数のみでの評価では歯槽骨の状態などの詳細を捉えることは難しい。

これまで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、実験用植立模型を用いて各種条件で検討してきた。その結果、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。本解析システムは、歯に強制振動を加えた際、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、歯の加振により得られた応答波形から単に歯の動揺だけでなく歯周組織の変化を把握するものである。また、本装置を骨植状態の異なるインプラント植立模型に応用したところ、インプラント周囲の骨欠損状態の変化も検出可能であり、埋入されたインプラントの骨植状態の把握にも使用できることが示された。

しかし、インプラント体の質量変化は振動工学的見地から振動応答に重要な要素であるにもかかわらず、その詳細は明らかにされていない。そこで著者は、インプラント材の質量変化が力学的パラメーターに及ぼす影響について機械応答モデルを用いて検討した。

本実験では、質量の異なる模擬インプラントとして、同形状のアルミニウム (質量 1.86 g)、チタン (質量 3.17 g) および鉄 (質量 5.52 g) の 3 種の純金属製円柱棒を実験に供した。実験用インプラント植立模型は、インプラントを想定した質量の異なる 3 種金属製円柱棒 (直径 6.0 mm, 長さ 25.0 mm) と同金属製円柱棒を植立する歯槽骨を模した発泡ウレタン枠 (縦 30.0 mm×横 30.0 mm×高さ 50.0 mm, ニッシン) で構成した。

模擬歯槽骨である発泡ウレタン枠上端中央部に模擬インプラント植立窩 (直径 6.0 mm, 深さ 15.0 mm) を形成し、模擬インプラントを模擬歯槽骨内壁と密に接触させて埋入した。なお、模擬インプラントの総質量 (m) は、各金属製円柱棒質量と測定に用いる円形フェライト磁石 (130 mT, 直径 4.0 mm, 質量 0.19 g) および加速度ピックアップ (質量 0.40 g) を合わせたものとした。植立模型数は各条件について 5 個とした。

試作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 要素から構成されている。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インプラントを振動させる円形フェライト磁石で構成されている。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 回巻いたものとした。円形フェライト磁石は、模擬インプラント上端から 3.0 mm 下方の位置にシアノアクリレート系接着材で固定した。振動検出部は、円形フェライト磁石と対称となる位置で模擬インプラント側面に固

定した加速度ピックアップより構成されている。振動解析部には高速フーリエ変換解析器（Fast Fourier Transform Analyzer ; FFT アナライザー）が設置されており、各周波数において加振器への印加信号と加速度ピックアップの出力信号の振幅比として周波数応答特性を測定するものである。

模擬インプラントの周波数応答特性は、植立模型および加振器を防振台上に設置し、円形フェライト磁石表面と加振器先端間の距離を 1 mm になるように固定して、非接触状態で模擬インプラントに正弦波の電磁力を加えて強制振動させた。周波数応答特性は、測定帯域 0~5 kHz, 周波数分解能 12.5 Hz, ならびにデータ取り込み時間 80 msec として行った。なお、測定帯域内では、12.5 Hz ごとの各周波数で、振幅比を 64 回繰り返し測定し、その平均値を周波数応答特性とした。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。

その結果、共振周波数は模擬インプラントの質量が増加するにしたがって有意に減少した。一方、弾性係数および粘性係数は模擬インプラントの質量が増加するにしたがって有意に増加した。これらの結果より、模擬インプラントの質量を変化させた場合において、質量の違いが力学的パラメーターに影響を及ぼすことが確認された。また、模擬歯根膜を介した条件下で行った同様の実験に対して、模擬インプラントと模擬歯槽骨が密に接した条件下で行った本実験においても類似した成績であった。したがって、本解析方法は歯根膜の介在の有無にかかわらず、質量の相違による力学的パラメーターの変動を的確に捉えられることを意味し、インプラントの骨植状態の検査においても有効であると考えられた。

本解析法の精度を向上させるためには、インプラント体の質量を事前に既知の値として知ることが必要となる。この点においてインプラント体は自然歯と異なり、事前にそれらのデータを確認することが可能なため、正確な力学的パラメーター値を得ることが可能である。以上のことより、本解析法は今後のインプラント臨床において多面的に貢献できるものと考えられた。