症 例 報 告

下顎無歯顎に Brånemark implant を用いた 6 年経過症例の筋電図的評価

西崎 宏 畦崎 泰男 江藤 隆徳 豊田 浩行
宅間 巖 池田 直也 井上 宏

An Electromyographic Evaluation of a Six-Year Case with Brånemark Implant in Edentulous Mandible

Hiroshi Nishizaki, Yasuo Unezaki, Takanori Etoh, Hiroyuki Toyota,
Iwao Takuma, Naoya Ikeda and Hiroshi Inoue

Abstract : The masticatory function and the adaptation of patient's denture with Brånemark implant in the edentulous mandible was evaluated by using electromyography for 6 years. Electromyograms (EMG) of the bilateral posterior temporal and masseter muscles during gum chewing were recorded at insertion of the old full denture and at 1 month, 3 months, 6 months, 2 years and 6 years after insertion of implant denture. The interval, the duration and their integrated values of EMG bursts were measured.

The duration of EMG burst was shorter with the implant denture than with the old full denture and became about 300 msec from 3 months after insertion of the implant denture. The coefficient of variance (CV) of duration became stable from 3 or 6 months after insertion of the implant denture.

The EMG power coordination pattern was converted into a normal one representing the prominence of the working side masseter followed by the other three muscles after insertion of the implant denture.

The periosteal values of the implant fixture were not significantly changed after insertion of the implant denture, and osseointegration has been maintained.

These results suggested that adaptation to the implant denture might require a longer period than that to the conventional denture.

Key words : implant, electromyography, mastication, masticatory muscles, dentures

I. 結 言

下顎の総義歯は維持安定を得ることが難しく、十分な咀嚼ができず、インプラント義歯を希望して来院する場合もある。本症例もそのような主訴で来院した患者であり、osseointegration^{1,2)}の得られる Brånemark implant を用

いて義歯を作製装着し、6 年を経過した症例である。このインプラントは、下顎において、5 年経過後で 96%、15 年後でも 90% 以上という高い臨床的成功率を示す³⁻⁵⁾と報告されているので、本症例のような無歯顎の場合にも臨床的に問題なく好成績が得られると考えられるので使用することにした。そこで、その経過を筋電図とペリオテスト⁶⁾を用いて経過観察したので報告する。

II. 研究方法

患者は 52 歳男性で、上下顎とも無歯顎で総義歯が装着

大阪歯科大学歯科補綴学第 3 講座 (主任: 井上 宏教授)
The Third Department of Prosthodontics, Osaka Dental University (Chief: Prof. Hiroshi Inoue)
平成 8 年 4 月 1 日受付

図 1 Intraoral view in insertion of the old denture
旧義歯装着中の口腔内写真

図 3 Intraoral view at six years after the insertion of the implant denture
インプラント義歯装着 6 年後の口腔内写真

図 2 Intraoral view just after the insertion of implant denture
インプラント義歯装着直後の口腔内写真

図 4 Radiographic appearance at six years after the insertion of the implant denture
インプラント義歯装着 6 年後の X 線写真

されていたが (図 1), 下顎総義歯が脱離しやすいため下顎のみインプラント義歯による補綴を希望して大阪歯科大学附属病院に来院した。既往歴および家族歴には特記事項はなかった。また、リベースを行ったが、患者の主訴は改善されずインプラントを希望したので、パノラマ X 線写真で確認された抜歯窩の骨の改造を待ち、6 カ月後に fixture の埋入の一次手術を行った。fixture は直径 3.75 mm で右側は近心より、長さ 13 mm, 10 mm, 13 mm, 左側は近心より、長さ 13 mm, 13 mm, 7 mm のものを使用した。4 カ月後に 2 次手術を行い、abutment は、右側は近心より、7 mm, 7 mm, 5.5 mm, 左側は近心より 7 mm, 5.5 mm, 5.5 mm のものを用いた。その 2 カ月後インプラント上部構造体を上顎の金属床総義歯と同時に作製装着した (図 2)。上顎は通法のコバルトクロムによる金属床義歯で、下顎のインプラント義歯の金属フレームはタイプ IV の金合金により作製し、人工歯は上下顎とも硬質レジン歯を用い、第二大臼歯は排列しなかった。その後リコールを適宜行い調整した。患者の初診時の主訴は改善し、患者からの異常の訴えもなく 6 年経過した。インプラント周囲の中等度の軟組織の吸収がみられ、フィクス

チャー頸部での軽度の骨吸収はみられるがその他の部分では吸収像はみられず、インプラントの動揺もなく患者は十分に満足をしている (図 3, 4)。その経過中、筋電図を旧義歯装着時、インプラント義歯装着 1 カ月後、3 カ月後、6 カ月後、2 年後、6 年後の 6 回にわたって収録した。

両側咬筋および側頭筋後部を被検筋として、表面筋電図を直径 80 μ m の bipolar stainless wire electrode で電極間距離 10 mm で毛根部に沿わせて 3 mm 挿入させて双極誘導した。不関電極は耳朶にとった。電極の位置は、テンプレートを用いて可及的に一定とした。

被検食品として 1 枚のチューインガム (フリーゾーン、ロッテ) を用い、左右ガム咀嚼を行わせた。筋活動は生体電気増幅ユニット 1253 A (NEC San-ei) を使用して導出し、顎運動とともにポータブルデータレコーダ SR-51 (TEAC) にて同時記録した後、原波形と積分ユニット 1322 (NEC San-ei) による積分オートリセット波形とを同時にサーマルアレイレコーダ (RTA-1300 M, 日本光電) にて 10 cm/sec の紙送り速度で再生した。

ガム咀嚼時の十分に咬み込んで軟化した状態での連続 20 ストロークの筋活動持続時間 (duration) と筋活動間

図 5 Duration of EMG burst in left and right side gum chewing
左右ガム咀嚼時の EMG burst の duration

図 7 Coefficient of variance (CV) of duration of EMG burst in left and right side gum chewing
左右ガム咀嚼時の duration の CV (変異係数)

図 6 Interval of EMG burst in left and right side gum chewing
左右ガム咀嚼時の EMG burst の interval

図 8 CV of interval of EMG burst in left and right side gum chewing
左右ガム咀嚼時の interval の CV

隔 (interval) と筋活動中の筋電図積分値をその持続時間で除して求めた単位時間当たりの筋活動量 (平均電位) について各パラメータの平均値と変異係数 (以下 CV とする) を求めた。

またインプラントの fixture の動揺度をみるため、Periotest (Siemens, Bensheim) を用い、インプラント義歯装着直前、インプラント義歯装着 1 カ月後、3 カ月後、6 カ月後、2 年後、6 年後の 6 回にわたって収録した。上部構造体の取り付け直後には、abutment 部が口腔に出ている部分が少なく直接叩打しづらかったので、印象用コーピングを取り付けその側面下部を叩打し、以後もインプラント上部構造体ははずして同様の方法で測定した。

III. 結 果

1. ガム咀嚼時の筋電図について

ガム咀嚼中の duration や interval 等の時間的パラメータについては 4 筋とも近似した変化を示したので 4 筋の平均値で示す。ガム咀嚼中の duration は旧義歯では左右咀嚼とも約 500 msec であったが、インプラント義歯を装着

した 1 カ月後では約 100 msec 短縮し、3 カ月後には、約 300 msec となり以後大きな変化がみられなかった (図 5)。

また interval は、左側咀嚼では大きな変化を示さなかったが、右側咀嚼では、インプラント義歯装着 3 カ月後には短縮し約 300 msec となったが、duration のような一定の傾向はみられなかった。

duration の CV は、旧義歯で、約 23% であったのが、インプラント義歯を装着すると減少し、左側咀嚼では 6 カ月後に 15% にまで減少しその後安定した (図 7)。右側咀嚼では、装着後 3 カ月後には 15% 以下となり、その後も安定した低い値を示した (図 7)。

interval の CV は左側咀嚼では旧義歯で約 37% であったのが、インプラント義歯装着 1 カ月後に 27% にまで低下し順次 6 カ月後には安定化し約 20% となった (図 8)。右側咀嚼では 47% であったのがインプラント義歯装着 1 カ月後には 19% にまで減少し、その後、約 20% から 30% の間を推移し大きな変動はみられなかった (図 8)。

筋活動量については、4 筋の power coordination pat-

図 9 EMG power coordination pattern in left side gum chewing
WTp : Working side Tp, WMm : Working side Mm, BMm :
Balancing side Mm, BTP : Balancing side Tp
左側ガム咀嚼時の EMG の power coordination pattern

図 10 EMG power coordination pattern in right side gum chewing
右側ガム咀嚼時の EMG の power coordination pattern

tern の面から観察したが、duration が時期によって大きく変化したので、単位時間あたりの筋活動量（平均電位）でみることにした。左側咀嚼では旧義歯で平衡側咬筋が働側咬筋よりも大きい活動量を示すパターンを示していたが、インプラント義歯を入れると働側咬筋の活動量が増し、働側咬筋優勢のパターンとなったが、6 年後には働側咬筋が低下を示すとともに働側側頭筋後部の活動量が増加し、働側咬筋最優勢のパターンを示さなくなった（図 9）。一方右側咀嚼では、すべての時期で働側咬筋が 4 筋の中で最優勢の協調活動パターンを示していた（図 10）。6 年後の筋電図の記録時、上顎義歯のフィットチェッカーによる適合試験により左側粘膜面の不適合がみられたため、上顎義歯の左側粘膜面のリベースを行った。リベース直後では、働側の筋活動が増加したものの働側咬筋最優勢にはならなかったが（図 11）、1 カ月後には働側咬筋最優勢になった。

2. ペリオテスト値について

ペリオテスト値について分散分析を行ったところ測定期

図 11 EMG power coordination pattern in left side gum chewing before, just after and 1 month after rebase of upper full denture
上顎総義歯のリベース前、直後、1 カ月後の左側ガム咀嚼時の EMG の power coordination pattern

図 12 Change of periosteal values
ペリオテスト値の経時的変化

日間に有意差がみられず、経日的に動揺度に変化がみられなかったことがわかった。その変化を平均値でみると（図 12）、インプラント義歯装着直前：3.0、1 カ月後：4.0、3 カ月後：3.5、6 カ月後：3.2、2 年後：2.8、6 年後 2.2 でインプラント装着 1 カ月後には少し上昇を示したものの以後漸次減少していく傾向はみられたが、有意差はなかった。

IV. 考 察

1. ガム咀嚼時の筋電図について

インプラント患者でも、有歯顎者が持つ歯根膜からの感覚が喪失するものの他の器官からの求心性情報によって補われあまり影響なく咬合力はコントロールされるといわれている⁷⁻⁹⁾。また、厚みに対する識別能の検査で天然歯同士では 20 μm 、インプラント患者では 50 μm 以上、総義歯では 100 μm であったということ¹⁰⁾からも、インプラント装着者の下顎運動に有用な末梢感覚受容器からの求心性情報については、歯根膜がなくても他の口腔感覚受容器が補完することが示唆されている。また、Osseointegrated

implant でも圧感覚は全くなくなるのではなく閾値が高くなるだけであるともいわれている¹¹⁾。そこで同一患者の総義歯とインプラント義歯との間の咀嚼機能の違いをみることからインプラントが果たす役割を推測できると考えられるので、咀嚼筋筋電図を用いてその機能評価を経日的に分析した。

インプラントを用いて、咬合および咀嚼機能の改善を図ると、可撤性の有床義歯に比較して筋電図や顎運動のリズム性が良好になるといわれている¹²⁻¹⁶⁾が、片側遊離端義歯や対顎が天然歯の場合、歯根膜からの感覚もあり明瞭な差が生じないことも考えられる。本症例は、上顎が総義歯で、下顎のみインプラント義歯であるので上顎の総義歯の粘膜からの感覚はあるものの、下顎は歯根膜からの感覚はなく、床と粘膜との接触もなく粘膜からの感覚もない。オーバーデンチャーにインプラントを応用した場合でも、義歯の維持安定性が著しく改善され、支持も確立されガム咀嚼時の筋電図やMKGを用いて観察した咀嚼運動はクリアーカットでリズムカルになる¹⁶⁾といわれている。本症例のような上下無歯顎で上顎が総義歯で、下顎がインプラント義歯では、インプラント周囲からの求心性感覚情報は乏しくフィードバックによる下顎運動の調節が十分でないと推察すると、インプラントにより下顎義歯の維持安定が増し、それによって総義歯装着時より咀嚼運動が円滑に営まれ、天然歯の咀嚼運動に近づくことも考えられる。

本症例では、総義歯とインプラント義歯との差をみるために義歯での筋電図等のデータが安定するといわれている1カ月後^{17,18)}からデータを収録した。また、下顎のインプラント義歯には、疼痛等の症状がみられなかったが、上顎総義歯では疼痛箇所の義歯粘膜面を調整するとともに咬合調整を行ったため、その影響を排除することも考慮に入れ、1カ月後とした。筋電図は、1カ月、3カ月、6カ月、2年後と収録し、データが安定しインプラントに異常がみられなかったので筋電図はとっていなかったが、6年を経過したので筋電図等のデータを収録したところ、power coordination pattern に異常がみられたのでリベースを行い、直後、1カ月後のデータも記録した。

ガム咀嚼時の筋電図における時間的要素については、interval では、大きな減少を示さなかったが、duration では、旧義歯の総義歯と比較してインプラント義歯装着1カ月後では約100 msec、3カ月後には約150 msecの短縮がみられたことや、旧義歯でdurationのCVが20%を越えていたものが20%以下にまで減少し、intervalでも40%前後あったのがインプラント義歯を入れると20%から30%にまで低下を示した。総義歯では歯根膜からのフィードバック機構の欠如が床下粘膜に分布する圧受容器によって補償されるものの、その感受性が劣っていることにより、閉口筋活動のburst durationの延長や咀嚼運動のリズム性の乱れが大きくなること¹⁹⁾や、顎機能異常者や

総義歯患者では顎位や義歯の安定をはかるため閉口筋活動が増加しdurationが延長すること^{20,21)}が報告されている。また顎関節症患者では、EMGの各種time parameterの延長とともにそのCVも大きくなってリズム性が低下し症状の軽快とともにdurationやcycle timeが短縮しCVも減少すること²²⁻²⁵⁾などの報告を勘案すると上記のインプラント義歯でのタイムパラメータ変化は本ケースの咀嚼機能の回復に大きく貢献していることが裏付けられたと考えられる。

長沢ら¹⁸⁾の下顎臼歯部中間ケースに対する局部床義歯による補綴で咀嚼リズムは1カ月後に安定するとの報告やAbelら¹⁷⁾の局部床義歯による補綴によって咀嚼能率は約1カ月後に最高値に達するとの報告もあるが、奥田²⁶⁾は有床義歯の装着後のなれを咀嚼筋筋電図のCV値から評価し、durationのCV値は1週間後に安定したと報告している。これらに対して本症例のインプラント義歯では3カ月後から6カ月後に安定していることは興味深い。このように通常の義歯に比べてなれるのに時間を要したのは下顎の歯根膜や粘膜からの感覚情報が少なかったためではないかと考えられる。

片側ガム咀嚼時の両側咬筋(Mm)および側頭筋後部(Tp)のpower coordination patternは、顎機能異常者では働側咬筋優勢のパターンが崩壊しているが症状の改善に伴って働側咬筋優勢のパターンに変換するといわれている²⁵⁾。本症例の右咀嚼時には、働側咬筋優勢パターンは、旧義歯でもインプラント義歯でも変わらなかったが、左側咀嚼では、旧義歯で平衡側咬筋が働側咬筋よりも大きい活動量を示す異常なパターンを示しており咀嚼困難性が推察されたが、インプラント義歯を入れると働側咬筋の活動量が増し、働側咬筋優勢のパターンとなり、本インプラント義歯の有効性が示唆された。しかし、6年後には再び働側咬筋の活動が抑制され、働側の側頭筋後部の活動量も増し異常なパターンに戻ってしまった。この原因としては、人工歯が硬質レジン歯であったため、6年の使用による咬耗や上顎総義歯の不適合などが推察された。そして、フィットチェッカーによる上顎総義歯の適合試験により不適合部が検出されたため、リベースを行ったところ、power coordination patternの改善がみられたことからそれが原因の1つであることがわかった。

2. ペリオテスト値について

インプラント周囲組織の状態把握のために有効で簡便な方法であるペリオテスト⁸⁾を用いて動揺度を調べ、インプラントのosseointegrationの状態の客観的評価を行った。2回法のインプラントでペリオテストを用いる場合、abutmentを取り付けた時に槌打部が非常に小さくなり槌打しにくい上部構造を取り付けると単独のデータが得られないため、上部構造体ははずした後、abutmentに印象

用のコーピングを取り付けてその唇面を槌打した。IMZ インプラントで迫中ら²⁷⁾が金銀パラジウム合金で鑄造したヘッドを用いているが、本法の方が簡単に行える方法であると考えられる。本法は、垂直に槌打しやすくなる利点があるが振動の様相が変わることが考えられ、他のデータとは比較できないが経日的なデータの比較には使用できると考えられる。本症例でも 6 年後に直接 abutment を槌打したところ、右側近心より、-2, -1, -3, 左側近心より -3, -3, -1 となり Teerlinck ら²⁸⁾の示している平均値 -1.74 よりも小さいか同等の値となり十分 osseointegration が得られていると思われる。本症例のペリオテスト値の平均は、経時的には 2.2 から 4.0 で推移し、有意差を示さなかったが、これは一次手術後 6 カ月を経過すると osseointegration の状態となり、正常に経過していることから、ペリオテスト値に変化がみられないと考えられる。本症例では、6 年経過して、fixture 周辺の上部の骨が吸収し歯肉縁の位置が下がったにもかかわらず変化がみられなかった。これは、近心の吸収の大きな fixture 部では abutment の長さが 7 mm のものが用いられ、その部分の軟組織の吸収は大きくみられたが、骨吸収は上部でみられても fixture のネックで吸収は止まっており、fixture のタップ部分では osseointegration が十分得られていたからではないかと考えられた。fixture の埋入部の辺縁骨は、埋入後の最初の 1 年間は 1.0 mm から 1.5 mm の吸収を示すが、18 カ月を過ぎると咬合力と骨の改造の一定のバランスが保たれそれ以降は 1 年間に骨吸収量は 0.05 mm から 0.1 mm となり安定し、10 年間に約 1 mm の骨吸収となる^{3,29)}といわれている。本症例では、それを越えている部位もみられるが骨の吸収がみられても fixture のネックで骨の吸収は止まっていた。また、義歯の金属のフレームの下部と粘膜面との間が前方部では大きくあいてはいたが、患者は慣れており、咀嚼時に特に問題はないとのことであった。しかし、これは咬合関係の不正からの骨の吸収も考えられ、筋電図の power coordination pattern の 6 年後の変化とを考えるとリコール時の咬合関係のチェックはより綿密に行わなければならないということが示唆された。

V. 結 論

Brånemark implant を下顎無歯顎に用い、義歯を作製装着した症例について、旧義歯、インプラント義歯装着後 1 カ月、3 カ月、6 カ月、2 年後、6 年後にわたりガム咀嚼中の咬筋と側頭筋後部の筋電図を用いて観察を行い以下の結果を得た。

1. ガム咀嚼中の筋電図の duration は、インプラント義歯装着後は短縮し、3 カ月目以後約 300 msec となった。また、duration の CV は装着後低下し 6 カ月後には約

10% となり、旧義歯より筋電図的に良好な結果が得られた。

2. 筋活動のリズム性は 3 カ月から 6 カ月後に安定し、慣れに長期間を要した。

3. インプラント義歯装着後に咬筋活動積分値は増大し、より強い咬合力の発現がみられた。また側咬筋優勢の power coordination pattern の改善が観察され、その有効性が評価された。

4. ペリオテスト値は経日的に有意な変化を示さず、6 年後でも -1 から -3 であり osseointegration が保たれていることが示唆された。

文 献

- 1) Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 50 : 399-410, 1983.
- 2) Brånemark PI. Introduction to osseointegration. In : Brånemark PI, Zarb G, Albrektsson, editors, *Tissue-integrated prostheses* 1-76, Chicago : Quintessence Publ Co Inc, 1987.
- 3) Adell R, Lekholm U, Rockler B et al. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 10 : 387-416, 1981.
- 4) Adell R. Clinical results of osseointegrated implants supporting fixed prostheses in edentulous jaws. *J Prosthet Dent* 50 : 251-254, 1983.
- 5) Brånemark PI, Albrektsson T. Endosteal dental implants in the treatment of the edentulous jaw. The Brånemark implant. In : Fonseca RJ, Davis WH, editors, *Reconstructive preprosthetic oral and maxillofacial surgery* 210-224, Philadelphia : WB Saunders, 1986.
- 6) 河野正司, 佐藤尚弘, 田端恒雄. 「ペリオテスト」新しい動的歯周組織診断装置との応用法. *QE* 6 : 187-195, 1987.
- 7) Haraldson T, Carlsson GE. Bite force and oral function in patients with osseointegrated oral implants. *Scand J Dent Res* 85 : 200-208, 1977.
- 8) Haraldson T, Carlsson GE, Ingevall B. Functional state, bite force and postural muscle activity in patients with osseointegrated oral implant bridges. *Acta Odontol Scand* 37 : 195-206, 1979.
- 9) Haraldson T. Comparisons of chewing patterns in patients with bridges supported on osseointegrated implants and subjects with natural dentitions. *Acta Odontol Scand* 41 : 203-208, 1983.
- 10) Lundqvist S, Haraldson T. Occlusal perception of thickness in patients with bridges on osseointegrated oral implants. *Scand J Dent Res* 92 : 88-92, 1984.
- 11) 関根 弘, 小宮山彌太郎, 吉田浩一. インプラント周囲組織とその受圧感覚特性. *歯科ジャーナル* 25 : 597-605, 1987.
- 12) Etoh T, Doi T, Nishizaki H, Mitani H. Chewing motions in the implant-mucosa-bearing overdenture wearers. In : Kawahara H, editor, *Implantology and Biomaterials in*

- Stomatology 220-221, Tokyo : Ishiyaku Publishers, 1980.
- 13) 津留宏道, 赤川安正, 近藤倫明ほか. インプラントの上部構造物を視る〜オクルージョンを中心に生理学的機能から視る. オーラル・マキシロフェイシャル・インプラント 1 : 357-367, 1988.
  - 14) 小林義典. オッセオインテグレートッド・インプラントの全て—osseointegrated implant—. 歯科春秋 2 : 39-48, 1988.
  - 15) Akagawa Y, Okane H, Kondo N et al. Comparative evaluation of chewing function with removable partial dentures and fixed prostheses supported by the single-crystal sapphire implant in Kennedy class II partially edentulous mandible. Int J Oral Maxillofac Implants 4 : 205-210, 1989.
  - 16) 宮崎 哲. インプラント—粘膜支持型義歯による咀嚼運動の筋電図学的研究. インプラント誌 1 : 253-272, 1988.
  - 17) Abel LF, Manly RS. Masticatory function of partial denture patients among navy personnel. J Prosthet Dent 3 : 382-392, 1953.
  - 18) 長沢 亨, 津留宏道. 臼歯部欠損者の補綴処置による咀嚼処置による咀嚼機能変化に関する研究. 広大歯誌 2 : 30-36, 1970.
  - 19) 津留宏道. 義歯機能に関する生理学的研究. I. 咬合の高さと義歯機能との関係. 口腔科学会誌 8 : 482-496, 1959.
  - 20) 太田 宏. 顎関節症患者における EMG 的パラメーターの診断的意義. 歯科医学 44 : 844-845, 1981.
  - 21) 竹内俊郎. 筋電図学的研究による全部床義歯装着者の咀嚼リズム. 補綴誌 21 : 472-494, 1977.
  - 22) 関 秀孝. 顎関節症の補綴学的研究 第 2 報 顎関節症患者の筋電図学的研究. 口病誌 35 : 228-264, 1968.
  - 23) 越智 寛, 平川光彦, 加登 剛ほか. 咬合異常者の補綴改善例と EMG 的観察. 阪大歯学誌 19 : 226-232, 1974.
  - 24) 前田照太. 咬合性顎関節症の筋電図的研究. 歯科医学 43 : 229-267, 1980.
  - 25) 西崎 宏. EMG visual biofeedback による顎関節症の治療効果. 補綴誌 28 : 1040-1062, 1984.
  - 26) 奥田啓之. 有床義歯装着後の咀嚼筋活動からみた順応過程に関する研究. 歯科医学 58 : 93-109, 1995.
  - 27) 迫中友博, 竹下文隆, 明渡秀樹ほか. ペリオテスト®を用いたスミシコンと IMZ インプラントの動揺度診査. 補綴誌 35 : 632-635, 1991.
  - 28) Teerlinck J, Quirynen M, Darius P et al. Periotest®: An objective clinical diagnosis of bone apposition toward implants. Int J Oral Maxillofac Implants 6 : 55-61, 1991.
  - 29) Lindquist LW, Rockler B, Carlsson GE. Bone resorption around fixtures in edentulous patients treated with mandibular fixed tissue-integrated prosthesis. J Prosthet Dent 59 : 59-63, 1988.